

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ВЕТЕРИНАРНОЇ МЕДИЦИНИ
ТА БІОТЕХНОЛОГІЙ ІМ. С.З. ГЖИЦЬКОГО
ФАКУЛЬТЕТ АГРОТЕХНОЛОГІЙ ТА ОХОРОНИ ДОВКІЛЛЯ
КАФЕДРА АГРОХІМІЇ ТА ҐРУНТОЗНАВСТВА

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

рівня вищої освіти – магістр

на тему: ДИНАМІКА ФІЗИКО-ХІМІЧНИХ ТА АГРОХІМІЧНИХ
ПОКАЗНИКІВ СІРОГО ЛІСОВОГО ҐРУНТУ ТА ВРОЖАЙНІСТЬ
ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ ЗАЛЕЖНО ВІД УДОБРЕННЯ

Виконав студент VI курсу, групи АГ 63

спеціальності 201 «Агрономія»

Вадим КОРНІЙЧУК

Керівник Юрій ОЛІФІР

Рецензент Марія ТИРУСЬ

Дубляни – 2025

**Львівський національний університет ветеринарної медицини
та біотехнологій ім. С.З. Гжицького**

Факультет агротехнологій та охорони довкілля
Кафедра агрохімії та ґрунтознавства

Освітній ступень «Магістр»
Спеціальність 201 «Агрономія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри _____
(підпис)

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу
студенту

Вадиму Корнійчуку

канд. геогр. наук, доцент
наук. ступ., вч.зв.

Оксана ГАСЬКЕВИЧ
(ім'я і прізвище)

1. Тема роботи: Динаміка фізико-хімічних та агрохімічних показників сірого лісового ґрунту та врожайність озимої пшениці залежно від удобрення

Керівник кваліфікаційної роботи доцент кафедри агрохімії та ґрунтознавства **Юрій ОЛІФІР**

Затверджені наказом по університету № 906/к-с від «31» грудня 2024 р.

2. Строк подання студентом кваліфікаційної роботи 1 грудня 2025 р.

3. Вихідні дані для кваліфікаційної роботи Системи удобрення пшениці озимої: 1) Без внесення добрив (контроль); 2) $N_{60}P_{60}K_{60}$; 3) $N_{90}P_{60}K_{60}$; 4) $N_{120}P_{60}K_{60}$; 5) $N_{150}P_{60}K_{60}$. Вплив удобрення на динаміку фізико-хімічних та агрохімічних показників ґрунту, продуктивність культури. Ґрунт – сірий лісовий легкосуглинковий, ґрунтово-кліматична зона – Лісостеп Західний.

4. Зміст кваліфікаційної роботи (перелік питань, які необхідно розробити)

Вступ

Розділ 1. Вплив мінеральних добрив на формування урожаю пшениці озимої (огляд літератури)

Розділ 2. Умови та методика проведення досліджень

Розділ 3. Результати дослідження

Розділ 4. Охорона навколишнього природного середовища

Розділ 5. Охорона праці та захист населення

Висновки та пропозиції виробництву

Бібліографічний список

Додатки

5. Перелік графічного матеріалу (подається конкретний перерахунок аркушів з вказуванням їх кількості)

Ілюстративні таблиці за результатами досліджень – 16 шт., графіки гідротермічних умов, показників родючості ґрунту – 4 шт.

6. Консультанти з розділів:

Розділ	Ім'я, прізвище, та посада консультанта	Підпис, дата		Відмітка про виконання
		завдання видав	завдання прийняв	
З охорони навколишнього природного середовища				
З охорони праці та захисту населення				

7. Дата видачі завдання 18 вересня 2024 р.**Календарний план**

№ п/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Відмітка про виконання
1	Полеві дослідження з вивчення впливу удобрення на динаміку фізико-хімічних та агрохімічних показників ґрунту, продуктивність пшениці озимої	03.2024 – 08.2025 рр.	
2	Написання розділу 1. Огляд літератури	01.09.2024-20.12.2025 рр.	
3	Написання розділу 2. Умови та методика проведення досліджень	01.08.2024-30.09.2025 рр.	
4	Написання розділу 3. Результати дослідження	21.09.2024-20.10.2025 рр.	
5	Написання розділу 4. Охорона навколишнього природного середовища	21.11.2024 – 30.12.2025 рр.	
6	Написання розділу 5. Охорона праці і захист населення, формування висновків, бібліографічного списку та додатків	01.09.2025-01.12.2025 рр.	

Студент Вадим КОРНІЙЧУК
(підпис)Керівник кваліфікаційної роботи Юрій ОЛІФІР
(підпис)

РЕФЕРАТ

УДК 631.445.2: 633.11:631.816.1

Динаміка фізико-хімічних та агрохімічних показників сірого лісового ґрунту та врожайність озимої пшениці залежно від удобрення. – Кваліфікаційна робота. Кафедра агрохімії та ґрунтознавства – Дубляни, Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій ім. С.З. Гжицького, 2025 р.

92 с. текст. част., 16 табл., 4 рис., 70 джерел, 3 додатки.

У ґрунтово-кліматичних умовах Луцького району Волинської області, в господарстві ТОВ «*****» на основі досліджень фізико-хімічних та агрохімічних показників сірого лісового ґрунту встановлено найбільш ефективну систему удобрення пшениці озимої, яка забезпечує стабільну врожайність і мінімізує екологічне навантаження.

На підставі проведених дворічних досліджень встановлено, що на сірому лісовому ґрунті найбільш ефективною та близькою до оптимальної нормою для даних ґрунтово-кліматичних умов було внесення N_{120} на фосфорно-калійному фоні $P_{90}K_{90}$, а подальше збільшення норми до N_{150} не призвело до значного зростання врожайності але й погіршувало ґрунтові умови в першу чергу через поступове підкислення та слабокислі реакції на протязі всієї вегетації культури, при цьому $pH_{\text{сольове}}$ знизилося до 5,44-5,48 одиниць, а гідролітична кислотність зросла до 3,16-3,20 мг-екв/100 г ґрунту.

Дослідження показали, що найвищий врожай зерна пшениці озимої на сірому легкосуглинковому ґрунті в середньому за 2 роки досліджень 7,65 т/га було отримано при застосуванні на фосфорно-калійному фоні $P_{90}K_{90}$ норми азотних добрив N_{150} у три прийоми. Однак, збільшення норми азотних добрив не дало дуже суттєвого приросту врожайності порівняно з нормою N_{120} , оскільки після досягнення оптимального рівня забезпечення азотом реакція рослин на додаткові дози добрива різко зменшується.

Ключові слова: пшениця озима, ґрунт, мінеральні добрива, поживний режим, кислотність, урожайність, показники якості.

Key words: winter wheat, soil, mineral fertilisers, nutrient regime, acidity, yield, quality indicators.

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ	4
ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1. ВПЛИВ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ НА ФОРМУВАННЯ УРОЖАЮ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ (огляд літератури).....	9
1.1 Вплив азоту та азотних добрив на формування врожайності та якості зерна пшениці озимої.....	9
1.2 Формування урожайності та якості пшениці озимої залежно від елементів живлення.....	16
РОЗДІЛ 2. УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	21
2.1 Опис умов проведення польових досліджень.....	21
2.2 Аналіз метеорологічних умов років проведення досліджень..	22
2.3 Опис ґрунту дослідної ділянки	27
2.4 Методика проведення досліджень.....	31
2.5 Агротехніка вирощування пшениці озимої в досліді	35
РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	37
3.1 Динаміка фізико-хімічних властивостей-сірого лісового ґрунту під пшеницею озимою залежно від удобрення.....	37
3.2 Зміна мінеральних форм азоту сірого лісового ґрунту під пшеницею озимою залежно від норм добрив.....	43
3.3 Динаміка рухомого фосфору та обмінного калію в сірому лісовому ґрунті в процесі вегетації пшениці озимої...	49
3.4 Вплив різного удобрення на врожайність зерна пшениці озимої.....	51
3.5 Вплив мінеральних добрив на якість зерна пшениці озимої	54
3.6 Економічна ефективність вирощування пшениці озимої.....	62
3.7 Енергетична ефективність вирощування пшениці озимої.....	64

РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРИРОДНОГО НАВКОЛИШНЬОГО	
СЕРЕДОВИЩА.....	67
4.1 Охорона землі.....	67
4.2 Охорона водних ресурсів	68
4.3 Охорона повітря.....	70
4.4 Охорона флори і фауни	70
РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАСЕЛЕННЯ.....	72
5.1 Аналіз стану охорони праці та цивільної оборони в господарстві.....	72
5.2 Покращення техніки безпеки, гігієни праці і пожежної безпеки при вирощуванні пшениці озимої.....	73
5.3 Захист населення від надзвичайних ситуацій	77
ВИСНОВКИ.....	79
ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ.....	81
БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК.....	82
ДОДАТКИ.....	89
ДОДАТОК А. Технологічна карта вирощування пшениці озимої.....	90
ДОДАТОК Б. Статистичний аналіз даних врожайності зерна пшениці озимої, 2024 р.....	91
ДОДАТОК В. Статистичний аналіз даних врожайності зерна пшениці озимої, 2025 р.....	92

ВСТУП

Актуальність дослідження. Пшениця озима є однією з ключових продовольчих культур України та світу, а забезпечення її стабільної врожайності й високої якості зерна має важливе стратегічне значення для продовольчої безпеки держави. В умовах інтенсифікації землеробства саме система удобрення визначає ефективність використання ресурсів, рівень рентабельності виробництва та екологічний стан агроландшафтів.

Сучасні технології вирощування пшениці часто характеризуються надмірним використанням мінеральних добрив, що призводить до низького коефіцієнта їх засвоєння рослинами, накопичення нітратів у ґрунті, забруднення водних ресурсів, а також збільшення викидів парникових газів. Одночасно висока вартість добрив та економічна нестабільність змушують агровиробників шукати ресурсозберігаючі та екологічно орієнтовані рішення.

У цьому контексті особливо актуальним є встановлення такої системи удобрення, яка забезпечує максимальну продуктивність пшениці озимої за одночасного зменшення норм внесення добрив і мінімізації екологічних ризиків. Це відповідає сучасним вимогам сталого землеробства, європейським екологічним стандартам та потребам адаптації агросистем до змін клімату. Таким чином, дослідження ефективних і збалансованих систем удобрення пшениці озимої є своєчасним, затребуваним у практиці агровиробництва та необхідним для формування екологічно безпечних, економічно обґрунтованих технологій вирощування.

Мета досліджень – на основі досліджень фізико-хімічних та агрохімічних показників сірого лісового ґрунту встановити найбільш ефективну систему удобрення пшениці озимої, яка забезпечить стабільну врожайність та покращення якісних показників зерна, сприяючи раціональному використанню елементів живлення та дозволить зменшити загальні норми внесення добрив і мінімізувати екологічне навантаження.

Завдання досліджень. Для досягнення поставленої мети дослідженнями передбачалося вирішення наступних завдань:

- вивчити вплив удобрення пшениці озимої на фізико-хімічні властивості сірого лісового ґрунту;
- дослідити вплив норм добрив на динаміку різних форм азоту сірого лісового ґрунту;
- вивчити вплив удобрення на формування поживного режиму сірого лісового ґрунту під пшеницею озимою;
- встановити продуктивність і якість урожаю пшениці озимої залежно від удобрення;
- провести аналіз економічної й енергетичної ефективності удобрення пшениці озимої.

Об'єкт досліджень – процеси в сірому лісовому ґрунті залежно від удобрення, сорт пшениці озимої Артіст.

Предмет дослідження – морфологічна будова, фізико-хімічні та агрохімічні властивості сірого лісового ґрунту, врожайність і якісні показники зерна пшениці озимої.

Методи дослідження: польовий, вимірювально-ваговий, лабораторно-аналітичний, математично-статистичний, розрахунково-порівняльний.

Наукова новизна отриманих результатів. В умовах Лісостепу Західного на сірому лісовому легкосуглинковому ґрунті комплексно досліджено взаємозв'язок між режимом живлення пшениці озимої, динамікою доступних форм елементів у ґрунті та екологічними ризиками, що дозволило встановити найбільш оптимальну та екологічно збалансовану систему удобрення.

Практичне значення одержаних результатів. На основі отриманих результатів польових та лабораторних досліджень запропоновано для безпосередньо впровадження у виробництво систему удобрення пшениці озимої, яка забезпечує одночасне досягнення стабільної врожайності та підвищення якості зерна при зменшених нормах внесення добрив.

РОЗДІЛ 1

ВПЛИВ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ НА ФОРМУВАННЯ УРОЖАЮ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ (ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ)

1.1 Вплив азоту та азотних добрив на формування врожайності та якості зерна пшениці озимої

Однією з основних продовольчих та економічно важливих культур які вирощуються в усьому світі є пшениця (*Triticum aestivum* L.). У світовому масштабі вона посідає третє місце за виробництвом зернових культур, одразу після кукурудзи та рису, та перше місце за площею посівів зернових культур на яку припадає 26% світового виробництва продуктів харчування [36]. Пшениця також домінує у виробництві зернових культур в Україні та є головною сільськогосподарською зерною культурою, якій альтернативи поки що не має, площі під якою кожного року складають 5,5-6,8 млн га [11, 24].

Популярність та важливість пшениці можна пояснити головним чином тим, що вона не має собі рівних у своєму ареалі вирощування. Її можна вирощувати в багатьох районах з різними погодними умовами, висотами чи властивостями ґрунту. Для удобрення можна використовувати не лише звичайні мінеральні добрива, а й органічні компоненти. Крім того, пшениця є найбільш універсальним зерном серед зернових культур, що використовуються в їжу, постачаючи більше білків і калорій населенню світу, ніж будь-яка інша сільськогосподарська культура [58].

Для продовольчої безпеки важливо підтримувати врожайність та захищати навколишнє середовище шляхом оптимізації систем удобрення. Невід'ємною частиною сільськогосподарського виробництва є мінеральні добрива які відіграють значну роль у поповненні дефіциту поживних речовин для рослин, підвищенні продуктивності сільськогосподарських культур та запобіганні втратам кількості та якості врожаю [46].

Науково обґрунтована система застосування добрив під пшеницю озиму яка передбачає застосування їх з врахуванням наявних показників родючості, попередників, сортових особливостей, забезпечує можливість впливати на зміну рівня потенційної родючості ґрунту та високої врожайності і якості зерна культури [8].

Окрім підвищення продуктивності сільського господарства, внесення синтетичних азотних (N), фосфорних (P) добрив на сільськогосподарських угіддях різко змінює глобальний баланс поживних речовин, якість води, баланс парникових газів та їх зворотний зв'язок із кліматичною системою [16].

Головним поживним елементом, який обмежує врожайність пшениці озимої є азот (N) є далі йдуть фосфор і калій. Він є основним рушійним та лімітуючим фактором виробництва сільськогосподарських культур, який суттєво впливає на розмір площі листя, перехоплення радіації, ефективність фотосинтезу та накопичення сухої речовини сільськогосподарськими рослинами [34]. Внаслідок чого азот є найважливішим поживним елементом для росту рослин та якості зерна, але ефективність його використання у пшениці дуже низька [54].

На практиці більшість господарств зазвичай застосовують надмірну кількість добрив для забезпечення високої врожайності пшениці, що призводить до негативного впливу на навколишнє середовище. Тому забезпечити рівномірне збільшення врожайності пшениці при меншій кількості добрив є актуальним та важливим [42].

З точки зору сучасного сільськогосподарського виробництва, внесення азотних добрив є поширеною стратегією управління для досягнення високої врожайності. Збільшення внесення азотних добрив може значно покращити врожайність сільськогосподарських культур, але неминуче знизити ефективну енергетику. Може здатися неможливим одночасно досягти високої врожайності, високої ефективності та захисту екологічного

середовища. Щоб вирішити ці наукові проблеми, багато дослідників провели дослідження різних теорій та підходів [4].

У дослідженнях [41] було показано, що азотне удобрення є основним фактором впливу на навколишнє середовище протягом життєвого циклу вирощування пшениці незалежно від системи обробітку ґрунту. Однак, як показують багато досліджень, домінуюча частина впливу азотного удобрення на навколишнє середовище може бути пов'язана із застосуванням азотних добрив, що призводить до можливих високих значень прямих викидів N_2O на полі [3, 62].

Завдяки значній ефективності азотного удобрення у збільшенні врожайності, в останні роки азотні добрива широко рекомендуються для використання в сучасному виробництві пшениці та сприяють підвищенню врожайності, навіть сформувалася концепція, що додавання більшої кількості азотних добрив призводить до вищого врожаю [12].

Зміна норми внесення азотних добрив на 5% призводить до зміни значення мінімального показника абіотичного виснаження на 2,4%, 1,9% та 1,8% для безвідвального обробітку ґрунту, скороченого та звичайного обробітку відповідно. Після внесення азотних добрив, найбільш впливовими факторами на мінімальний показник впливу на навколишнє середовище від виробництва пшениці озимої були застосування засобів захисту рослин, внесення фосфорних (P) та калійних (K) добрив, а також використання сільськогосподарської техніки. Цей показник виробництва пшениці при звичайному та скороченому обробітку ґрунту був більш чутливим до використання засобів захисту рослин, а також до використання техніки порівняно з безвідвальним обробітком. Зміна норми внесення фосфорних та калійних добрив під пшеницю була більш помітною для мінімального показника впливу на навколишнє середовище при скороченому та безвідвальному обробітку ґрунту, ніж при звичайному обробітку [41].

Незважаючи на те, що азот є найважливішою поживною речовиною для сільськогосподарських культур, його використання як добрива пов'язане

з великими втратами. Надмірне внесення азоту на сільськогосподарські угіддя може призвести до надмірного споживання ґрунтом вологи та зниження врожайності, але зниження надходження азоту також може призвести до зниження врожайності [53].

Внесення великих доз азотних добрив у сільському господарстві значно перевищило потреби сільськогосподарських культур, що призвело як до зниження ефективності використання азоту, так і до серйозних екологічних проблем, таких як підкислення ґрунту, викидів парникових газів, евтрофікація поверхневих вод, забруднення ґрунтових вод та дисбалансу поживних речовин, включаючи деградацію ґрунту [48].

Надмірне внесення азоту також може сприяти накопиченню великої кількості нітратів у ґрунті. Ці залишкові нітрати схильні до вимивання в глибші шари ґрунту через їхню високу рухливість після безперервного спадного потоку води протягом років опадів або внаслідок сильних дощів. Вилуговування нітратів та подальше забруднення ґрунтових вод стали проблемою світового масштабу [17].

Однак врожайність сільськогосподарських культур неможливо збільшувати або підтримувати нескінченно, збільшуючи інвестиції в добрива [25].

Ключовим фактором для підтримки економічного виробництва сільськогосподарських культур та довгострокової якості навколишнього середовища є ефективне управління азотним удобренням. Воно повинно поєднувати дозу, форму та час внесення азоту таким чином, щоб оптимізувати кількість та якість врожаю, водночас мінімізуючи втрати поживних речовин [39].

Також є розроблено та доведено ефективність багатьох методів управління азотом, таких як заорювання соломи, використання карбаміду з контрольованим вивільненням, глибоке удобрення та поєднання органічних та неорганічних добрив [53].

В останні роки спостерігається зростаючий інтерес до зменшення екологічних загроз, що виникають у ланцюжку виробництва харчових продуктів, починаючи з сільськогосподарського виробництва. Вплив сільського господарства на довкілля варіюється залежно від методів ведення сільського господарства [41].

Ефективне управління азотом може покращити ефективну енергоефективність та передбачає вибір комбінації норми внесення, джерела, часу та розміщення добрив, що покращує доступність азоту зі збільшенням попиту на сільськогосподарські культури. Власне оптимізація удобрення дозволяє отримати врожай високої якості та кількості, приносить економічний прибуток та зменшує екологічні загрози [60].

Зменшення внесення азотних добрив при вирощуванні пшениці має вирішальне значення для зменшення втрат азоту. Однак, зменшення втрат азоту та підвищення ефективності використання азоту шляхом внесення менших доз азотних добрив у системи виробництва пшениці є складним завданням, що, як наслідок, призводить до зниження врожайності пшениці [13].

Ефективне управління азотом включає вибір правильного джерела добрив, внесення науково-обґрунтованої норми, розміщення у правильному місці у правильний час, а також забезпечення достатньої оптимальної кількості доступного азоту упродовж усіх етапів росту і розвитку рослин для забезпечення максимальної врожайності та меншого негативного впливу на навколишнє середовище [8, 44].

В останні роки з'явилася сечовина з контрольованим вивільненням азоту як нового покоління азотних добрив, які вивільняють азот у ґрунтовий розчин зі швидкістю, що відповідає потребам рослин, тим самим зменшуючи надлишкове накопичення неорганічного азоту та його втрату з ґрунтового профілю. У багатьох дослідженнях було показано, що застосування добрив з контрольованим вивільненням підвищує врожайність сільськогосподарських

культур та ефективність використання азоту, а також зменшує шкоду для навколишнього середовища [25, 67].

Раціональне управління азотом може підвищити ефективність використання азоту без шкоди для врожайності пшениці озимої [47]. У проведених дослідженнях показано, що змодельована врожайність пшениці озимої спочатку збільшувалася, а потім зменшувалася зі збільшенням надходження азоту. Внесення азоту, яке відповідає, але не перевищує потреби культури в азоті, має вирішальне значення для досягнення максимального врожаю продуктів харчування та мінімізації екологічних ризиків [34].

Давно відомо, що азотне живлення пшениці озимої не повинно бути обмежувальним фактором протягом усього циклу вегетації, щоб досягти цих цілей. Однак дослідження останніх 20 років показали, що деякі періоди дефіциту азоту є шкідливими, тоді як інші не впливають на врожайність зерна [54].

Відомо, що підвищення ефективності використання азоту покращує продуктивність сільськогосподарських культур, одночасно запобігаючи втратам азоту в навколишнє середовище, проте на практиці збільшення його використання залишається складним завданням. Відомо, що ефективність використання азоту зростає, як тільки вносять азотні добрива в умовах високої потреби на сільськогосподарські культури, а також коли після внесення азоту випадають опади. За іншими даними вона має тенденцію до зниження зі збільшенням норм внесення азоту, та як правило, нижча для ранніх етапах внесення. Таким чином, погоджуючись на ранні періоди дефіциту азоту, внесення його можна відкласти, тим самим збільшуючи ефективність використання протягом усього циклу вирощування пшениці озимої [16, 54].

Інтегроване управління азотом у сільському господарстві значно підвищило врожайність пшениці, кількість колосків та ефективність використання азоту порівняно з практикою фермерів. Ранній посів та

оптимальна густота насіння забезпечили більшу кількість стебел та колосків до зими. Надмірне внесення азоту та раннє підживлення азотними добривами знизили відсоток продуктивних пагонів [47].

Належне забезпечення рослин іншими поживними речовинами є важливим для ефективного азотного удобрення. Вплив азотних (N) та сірчанних (S) добрив на вирощування сільськогосподарських культур широко досліджувався, і ці поживні речовини зазвичай вважаються ключовими факторами у виробництві зернових культур. Це пояснюється тим, що вони впливають на швидкий ріст рослин і покращують якість і кількість врожаю зерна [59]. Вміст білка в зерні є основним фактором, що визначає якість зерна пшениці, що є подальшим ефектом удобрення азотом та сіркою. Ці макроеlementи утворюють блоки білків. Азотне удобрення збільшує вміст білка в зерні, тоді як удобрення сіркою впливає на склад білка зерна. Через недостатнє постачання сірки пшениця не здатна досягти свого повного потенціалу врожайності, і використання азоту для синтезу білка може бути зменшено [45].

Оскільки сірка є важливим компонентом ферментів, що беруть участь у азотному метаболізмі, додавання сірки до азотних добрив може принести відчутні переваги. Одночасне управління азотом та сіркою може зменшити потенційне забруднення ґрунту залишковими нітратами, збільшуючи поглинання та відновлення азоту, а також підтримуючи високий рівень ефективності використання азоту [33].

Для зернових культур оптимізація компромісів між врожайністю, якістю зерна та навколишнім середовищем вимагає стратегій удобрення, що забезпечують синхронізацію між постачанням азоту та потребами культур, з урахуванням часової та просторової мінливості. Саме тому, оптимізація внесення азотних добрив під пшеницю озиму є критично важливою для отримання високих і сталих врожаїв відповідної якості з низькими екологічними витратами.

1.2 Формування урожайності та якості пшениці озимої залежно від залежно від елементів живлення

Вирощування пшениці озимої так як і інших зернових культур в тому числі, значною мірою також залежить від внесення фосфорних добрив, адже фосфор (P) є одним із головних біогенних елементів для всіх форм життя на Землі та є найважливішою мінеральною поживною речовиною для вирощування сільськогосподарських культур після азоту [43].

Фосфор є незамінним макронутрієнтом, життєво важливим для росту пшениці озимої і міститься в кожній живій клітині. Він бере участь у кількох ключових функціях рослин, включаючи передачу енергії, фотосинтез, трансформацію цукрів і крохмалів, переміщення поживних речовин усередині рослини та передачу генетичних характеристик з покоління в покоління [22, 57].

Рівень фосфору в ґрунті завжди суттєво впливає на врожайність [51]. Однак низька доступність фосфору є одним з основних факторів, що обмежує вирощування сільськогосподарських культур у кислих ґрунтах. Також концентрації неорганічного фосфору в ґрунтовому розчині зазвичай дуже низькі через схильність неорганічного фосфору міцно зв'язуватися з поверхнею ґрунту або утворювати нерозчинні комплекси з катіонами. Це означає, що неорганічний фосфор часто є обмежувальним фактором росту та розвитку рослин. Фосфор поглинається з ґрунтового розчину корінням рослин у вигляді ортофосфат-іонів, головним чином у вигляді одновалентного ортофосфату іонів (H_2PO_4^-), та меншою мірою двовалентного ортофосфату, іонів (HPO_4^{2-}) [61].

Порівняно з іншими основними поживними речовинами, фосфор також міцно зв'язується в ґрунтах завдяки осадженню фосфору з іонами кальцію у карбонатних ґрунтах та завдяки адсорбції фосфору оксидами Fe- та Al- у кислих ґрунтах. Однак ця фіксація фосфору здебільшого оборотна з часом: коріння рослин може поглинати фосфор, накопичений у ґрунті у вигляді залишків від внесення добрив та гною протягом багатьох років [40].

Внесення фосфору збільшує біомасу соломи та врожайність пшениці, тоді як дефіцит фосфору зменшив ріст пагонів озимої пшениці. Адже фотосинтез є основним джерелом біомаси у сільськогосподарських культур яка також пов'язана з індексом площі листя через його вплив на перехоплення світла. Однак дефіцит фосфору стримує ріст пшениці, зменшуючи швидкість розширення листя та засвоєння. Навпаки, відповідне внесення фосфорних добрив може одночасно збільшити фотосинтез та площу листя пшениці [67].

Відомо, що високий врожай зерна пшениці пояснюється достатньою біомасою пагонів та кількістю колосків, які регулюються засвоєнням рослинами поживних речовин з ґрунту, в тому числі фосфору. Саме тому досягнення високої врожайності зерна пшениці озимої також залежить від кількості колосків та біомаси пагонів, а фосфорне живлення рослин покращує врожайність за рахунок збільшення утворення більшої кількості колосків у пшениці [31].

З внесенням мінеральних та органічних добрив фосфатний фонд ґрунту поповнюється систематично рухомими сполуками фосфору. Внаслідок чого фосфатне живлення рослин, в тому числі пшениці озимої, підлягає регулюванню найбільше за умов точного встановлення в орному горизонті ґрунту його запасів. Коли забезпеченість ґрунту є високою або дуже високою допускається підтримуюче внесення мінеральних фосфорних добрив [26].

Серед поживних речовин для рослин пшениці озимої одним із життєво важливих макроелементів, необхідних для росту та фізіології рослин поряд з азотом та фосфором є калій (K). Він є не лише складовою структури рослини, але й має регуляторну функцію в кількох біохімічних процесах, пов'язаних із синтезом білка, вуглеводним обміном та активацією ферментів. Від калію залежить фізіологічні процеси, такі як регуляція прорихів та фотосинтез, також калій забезпечує стійкість до абіотичного стресу [38].

Середні запаси калію у ґрунті, як правило, великі, але більша його частина недоступна для рослин. Тому сільськогосподарські культури

необхідно забезпечувати розчинними калієвими добривами, попит на які очіковано значно зростає [5].

Рослини поглинають калій у вигляді катіона (K^+), і багато джерел калію доступні в ґрунтах або надходять у вигляді добрив. Однак доступність K^+ з ґрунту або добрив залежить від гранулометричного складу ґрунту, вмісту вологи в ґрунті, кислотності та деяких інших факторів. Окрім поширених і розчинних форм сполук калію, деякі форми, такі як силікатні мінерали калію, також присутні в деяких ґрунтах. Доступність цих сполук дуже низька, і в цих випадках деякі мікроби (особливо бактерії та гриби) сприяють розчиненню калію та перетворенню його на розчинні форми шляхом підкислення, хелатування та реакцій обміну [49].

Збільшення врожайності пшениці озимої призводить до зниження вмісту калію в ґрунті, а старіння кореневої системи на пізній стадії росту пшениці послаблює здатність рослини поглинати поживні речовини, що призводить до дефіциту калію після вирощування пшениці [68].

Дефіцит калію негативно впливає на врожайність та якість пшениці, а також знижує якість та кількість сільськогосподарської продукції. Сучасна література вказує на те, що на глобальному рівні K є таким же лімітуючим фактором, як N та P , для продуктивності рослин у наземних екосистемах [56].

Як макроелемент, калій здебільшого вноситься в ґрунт у вигляді базової дози добрив. У деяких випадках (наприклад, піщаний ґрунт) калій вноситься у вигляді позакореневого обприскування. Позакореневе підживлення також дуже ефективне в умовах перезволоження. Однак ефективність позакореневого обприскування залежить від поглинальної здатності листя та проникнення в нього, тому воно може лише частково компенсувати недостатнє поглинання корінням. Хоча також позакореневе підживлення має багато переваг перед ґрунтовим удобренням і може компенсувати його відсутність [37].

Однак, як додатковий засіб основного удобрення, позакореневе обприскування може покращити поглинання та ефективність трансформації поживних речовин рослинами, що часто рекомендується у виробництві. Але, коли для живлення рослин потрібна велика кількість поживних речовин, ефект позакореневого підживлення обмежений [43].

Вплив дефіциту калію на врожайність пшениці є очевидним зі зниженням вмісту доступного калію (K) у ґрунті. Фермерам дуже важко вносити добрива на різних стадіях залежно від росту та розвитку пшениці озимої через брак знань про удобрення та виробничих витрат, тому з'являється все більше нових добрив. Внесення складних мікробних добрив під час посіву пшениці може збільшити вміст доступного фосфору та калію в ґрунті та покращити родючість ґрунту [64]. Внесення органічних добрив може ефективно зменшити підкислення ґрунту, спричинене внесенням добрив, збільшити різноманітність ґрунтової бактеріальної спільноти та сприяти росту врожаю. Порівняно зі звичайними добривами, нові органо-мінеральні добрива можуть зменшити втрати поживних речовин добрив у ґрунті та покращити коефіцієнт їх використання [67].

Калій впливає не тільки на формування врожайності, але й на параметри якості у пшениці озимої. Оскільки калій має корисний вплив на здоров'я людини, його концентрація у врожаї сама по собі є параметром якості. Завдяки своїй фундаментальній ролі в генеруванні тургору, первинному метаболізмі та транспортуванні на великі відстані, калій відіграє важливу роль у стійкості сільськогосподарських культур до посухи, засолення, освітленості або холоду, а також у стійкості до шкідників та патогенів. Незважаючи на велику кількість життєво важливих ролей калію у виробництві сільськогосподарських культур, покращення ефективності поглинання та використання калію завжди є основним пріоритетом досліджень [16].

Велике значення для живлення пшениці озимої відіграє кальцій який позитивно впливає на засвоєння азоту, підвищує стійкість її до бактеріальних

і грибкових хвороб. Коли в ґрунті не достатньо кальці, то це в першу чергу дуже негативно відображається на розвиванні кореневої системи. На корінцях мало формується корневих волосків за допомогою яких пшениця озима засвоює воду разом із розчиненими поживними речовинами у ній [16, 24].

Нестачу кальцію пшениця відчуває в першу чергу на кислих ґрунтах, які потрібно вапнувати [30]. Підкислення ґрунту стало важливою формою погіршення якості ґрунту на сільськогосподарських угіддях, а необґрунтоване удобрення є його найважливішою причиною. Це пов'язано із неправильним внесенням хімічних мінеральних добрив, в першу чергу азотних які є основною причиною підкислення ґрунту, що призводить до прискорення нітрифікації ґрунту, вимивання основних іонів та швидкого споживання основних іонів ґрунту через перенесення іонів у системі вирощування сільськогосподарських культур [66].

Немає простої лінійної кореляції між інтенсивністю внесення хімічних добрив та врожайністю зерна пшениці озимої. Певна кількість хімічних добрив може забезпечити високий урожай зерна, але врожайність зерна швидко знижується при передозуванні хімічних добрив, що призводить до реакції на їх внесення. Хоча добрива є невід'ємною частиною сільськогосподарського виробництва, надмірне внесення добрив призводить до їх неефективного використання. Скидання в повітря та воду призводить до втрати активного азоту, включаючи прямі та непрямі викиди закису азоту (N_2O), непрямі викиди закису азоту (N_2O) через вилуговування нітратів (NO_3^-) та випаровування аміаку (NH_3). Тим часом накопичення поживних речовин у ґрунті та неефективність використання добрив можуть спричинити низку негативних наслідків для навколишнього середовища [65].

Тому для досягнення високих врожаїв пшениці надзвичайно важливо розуміти процес формування популяції та фактори, що на нього впливають, особливо в критичний період куціння, такий як ранній період куціння та період відмирання пагонів.

РОЗДІЛ 2

УМОВИ І МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Опис умов проведення польових досліджень

Польові досліді проводились протягом 2024-2025 років в польовому досліді, який закладено на полі господарства ТОВ «*****» Луцького району Волинської області. Розташоване господарство в с. Веселе та входить до Торчинської селищної територіальної громади, Луцького району, Волинської області. Віддаль до обласного центру – м. Луцьк – 30 км, до селища Торчин – 6 км. Сполучення – асфальтована шосейна дорога.

ТОВ «*****» було засноване в 2009 році та спеціалізується на вирощуванні зернових, зернобобових, олійних культур та виробництві кормів для домашніх тварин, Основними сільськогосподарськими культурами є: пшениця озима, кукурудза на зерно, ріпак озимий, соя, ячмінь ярий та озимий, соняшник. Станом на 2025 рік у землекористуванні господарства знаходиться 635,0 гектарів орних земель.

У структурі посівних площ переважає пшениця озима, соя, кукурудза (на зерно), ріпак озимий, ячмінь ярий та озимий. Культури вирощують за інтенсивною технологією. Урожайність пшениці становить 70-85 ц/га, ячменю ярого – 55-65 ц/га, а озимого – 65-70 ц/га, сої – 35-45 ц/га, ріпаку озимого 4,0-5,0 ц/га Насінництво господарства переважно представлено такими сортами і гібридами: пшениця озима – Артїст, Реформ, Юлія, Етана, Емблем, Абсалон, Емерік (компаній DSV, RAGT, Selgen, DSV, Limagrain, KWS); ячмінь ярий – РЖТ Планет; ячмінь озимий – Луран (KWS); соя – Директор, Ньюпорт(Lidea, Cerela); ріпак озимий – Акіла, Даріо(NPZ, DSV), кукурудза на зерно – гібриди Креатив, Mass 24.C (Lidea, Mass seed).

Згідно удосконаленої схеми фізико-географічного районування України та Волинської області відповідно, дослідна ділянка знаходилася в Зоні широколистяних лісів, Західноукраїнському краї, Волинській височинній області у Локачівсько-Торчинському районі.

У геоморфологічному відношенні дослідна ділянка, на якій було

закладено дослід знаходиться в межах Волинсько-подільської області пластово-денудаційних височин, підобласті Волинська денудаційна височина на крейдових і неогенових відкладах та приурочена до геоморфологічного району Горохівська акумулятивно-денудаційна пологохвиляста, середньорозчленована височина.

2.2. Аналіз метеорологічних умов років проведення досліджень

Ефективність врожайності пшениці озимої – це комплекс багатьох природних та агротехнічних факторів та їх взаємних зв'язків (генотип культури, тип ґрунту, ведення сільського господарства, концентрація діоксиду в атмосфері та погодні умови) [32, 41].

Абіотичні стреси, такі як екстремальні температури та дефіцит вологи через зміну клімату, можуть впливати на продуктивність зернових культур у всьому світі. Пшениця переважно росте за нижчих температур (оптимальна температура для росту 15-25 °C) [50]. Зміни температури протягом вегетації можуть потенційно знизити продуктивність пшениці в певних регіонах [52]. Серед основних сільськогосподарських культур пшениця є найбільш посухостійкою та найефективнішою у використанні води [42]. Однак саме посуха також може зменшити врожайність пшениці [30].

Адаптація пшениці озимої до зміни клімату, яка сприяє збільшенню врожайності зерна, не завжди позитивно впливає на якість зерна, що створює додатковий тиск на світове виробництво пшениці. Пшениця озима найбільш чутлива до раптового теплового стресу в період цвітіння та стає все більш стійкою до високої температури під час фази наливу зерна, що робить час впливу важливим фактором впливу [30].

Дослідна ділянка розташована у межах зони Лісостепу Західного на підвищеному Волинському плато в помірно-кліматичному поясі з невеликим коливанням діапазону температур у різні сезони року. Внаслідок чого характеризується випаданням достатньої кількості опадів, неспекотним літом та помірною зимою.

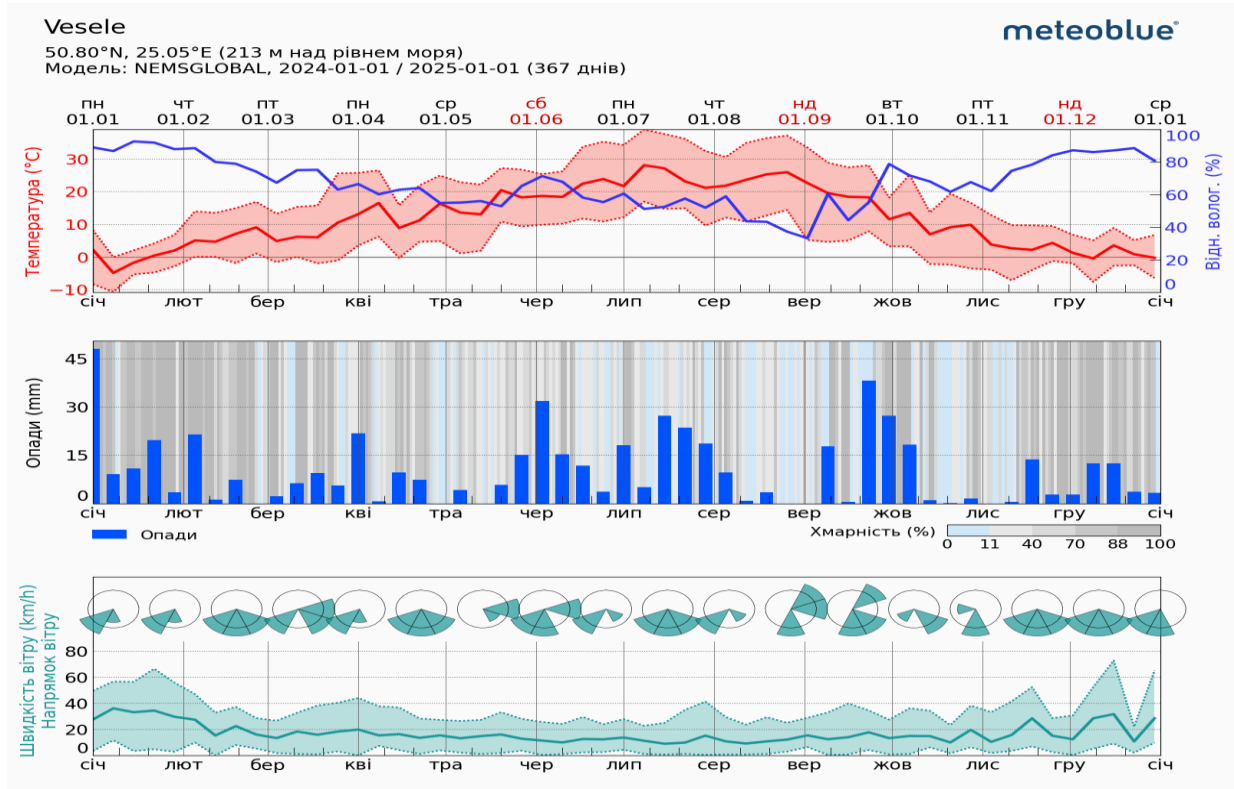
Метеорологічні умови (показники температури та кількості опадів) в цілому за проведені роки дослідження в мовах проведення польових досліджень відзначалися своїми певними особливостями порівняно з середньобаторічними показниками та представлені в таблиці 2.1. та показані на рисунках (рис. 2.1.).

Таблиця 2.1

Середньомісячна температура повітря (С°) і атмосферні опади (мм) за даними Гідромеліоративного посту спостережень впродовж періоду проведення досліджень (за даними метеопоста м. Луцьк)

Роки	<i>Місяці</i>											
	<i>I</i>	<i>II</i>	<i>III</i>	<i>IV</i>	<i>V</i>	<i>VI</i>	<i>VII</i>	<i>VIII</i>	<i>IX</i>	<i>X</i>	<i>XI</i>	<i>XII</i>
Температура повітря, °С												
2024	-0,5	4,0	4,7	10,0	16,9	21,3	24,1	23,6	19,7	10,8	3,3	1,2
2025	1,2	0,5	8,1	14,2	15,2	19,0	21,7	21,3	15,8	9,5	7,1	
Середня багаторічна норма	-0,1	2,1	7,0	12,7	16,8	22,1	23,8	24,4	19,5	13,0	6,4	1,6
Опади, мм												
2024	43	36	25	39	17	74	75	48	22	104	22	35
2025	26	8	16	23	19	52	26	58	79	22	52	
Середня багаторічна норма	35	34	31	37	72	71	65	31	26	29	23	50

а)



б)

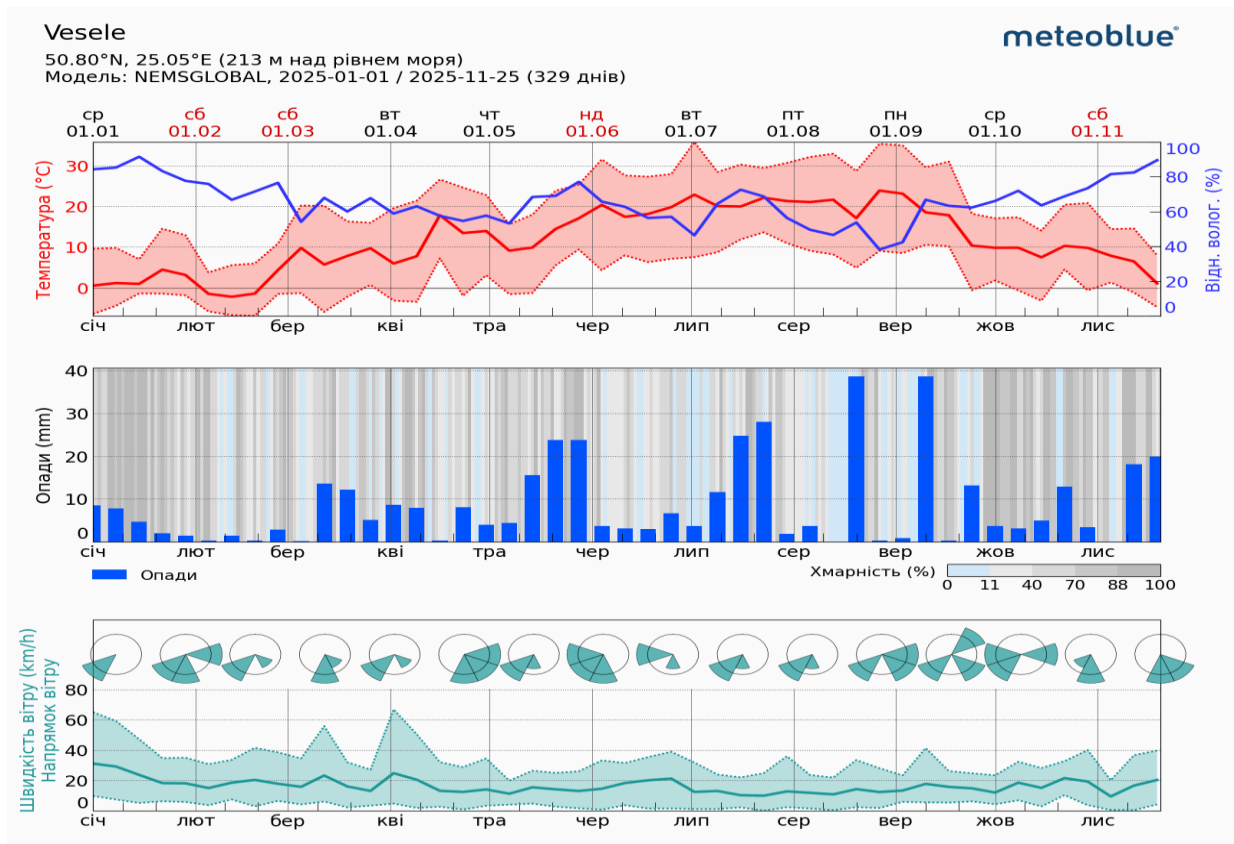


Рисунок 2.1 Метеорологічні показники температури та кількості опадів за 2024 рік (а) та 2005 (б) (за даними meteoblue)

Протягом проведення досліджень у 2024-2025 рр. кліматичні умови мали свої певні особливості характерні для даної зони. У січні-лютому відзначено достатню кількість опадів (43 і 36 мм) які були вищі за середньобогаторічну норму (35-34 мм), та доволі високими середньо-декадними температури повітря, що позитивно вплинули на вегетативний ріст, розвиток та добру перезимівлю пшениці озимої. Температурний режим весняних місяців 2024 р. на початку у березні та квітні був прохолоднішим та характеризувався нижчими показниками температури стосовно багаторічних даних при достатній кількості опадів, що сприяло добрій перезимівлі пшениці озимої та добре вплинуло на врожай. Травень місяць в період трубкування – колосіння, коли фактично формуються репродуктивні органи озимих зернових культур, метеорологічні умови були теплими, але достатньо посушливим кількість опадів становила лише 17 мм при нормі 72 мм, що негативно вплинуло на формування врожаю пшениці озимої.

Літні місяці 2024 р. у червні-липні характеризувалися фактично оптимальною температурою даного вегетаційного періоду 21,3 і 24,1 °С та більшою кількістю допустимих норм атмосферних опадів: у червні випало 74,0 мм, липні 75,0 мм проти норми відповідно 71,0 і 65,0 мм. Температура повітря протягом даного періоду вегетації пшениці озимої фактично у всіх місяцях була в середньому на рівні середньобогаторічної норми. Внаслідок чого такі погодні умови виявились комфортними для дозрівання зерна пшениці озимої.

Початок вегетаційного періоду 2024-2025 рр. за рівнем зволоження у вересні характеризувався меншою кількістю опадів на рівні 22 мм, а жовтень місяць навпаки виявився перенасичений опадами 104,0 мм за норми 39,0 мм. У подальший період відзначено оптимальну кількість опадів в листопаді 22,0 мм, при нормі 23,0 мм. Також слід відзначити, що протягом осінніх місяців температура повітря була також меншою середньобогаторічної норми. Особливо це було характерно для жовтня і листопада

коли середня температура повітря складала 10,8 і 3,3°C, що на 2,2 і 3,1°C нижче за середньо багаторічні норми 13,0 і 6,4°C.

У грудні-січні відзначено не достатню кількість опадів та доволі високі середньо-декадні температури повітря, що мало вплив на ріст, розвиток та пшениці озимої. Середня температура повітря у зимові місяці 2025 р. була сприятливою відносно багаторічних даних, однак даний період характеризувався не достатньою кількістю опадів особливо у лютому місяці 8,0 мм при нормі 34 мм.

Початок весняного періоду 2025 р. у березні-квітні місяцях характеризувався не достатньою кількістю опадів відповідно 16 і 23 мм при середньо багаторічній нормі 31 і 37 мм. Протягом даного періоду температура повітря була більшою норми і становила відповідно 8,1 і 14,2 °C за норми відповідно 7,0 і 12,7°C. У травні місяці кількість опадів була особливо недостатньою 19 мм і нижчою середньо багаторічної норми 72 мм, що негативно позначилося на розвитку пшениці озимої. Слід відзначити, що протягом травня температура повітря 17,2 °C також була вища за середньо багаторічну норму.

Метеорологічні умови в період трубкування-колосіння були задовільними. Літні місяці характеризувалися нижчими температурами 19,0 і 21,7 °C та меншою кількістю допустимих норм атмосферних опадів відповідно у червні 52 мм та липні 26,0 мм, проти норми 71 і 65 мм. В загальному погодні умови виявились не достатньо комфортними для дозрівання пшениці озимої, що частково призвело до недобору врожаю зерна та негативно позначилося на його якості.

Відповідно до матеріалів і схеми (карти) прийнятого природно-сільськогосподарського районування земель України та Волинської області дослідна земельна ділянка знаходиться в межах Луцького (06) природно-сільськогосподарського району Ровенсько-Луцького округу Лісостепової Західної провінції зони Лісостепу. В цілому ґрунтово-кліматичні умови де закладали дослід були сприятливі для вирощування різних сортів пшениці озимої.

2.3. Опис ґрунту дослідної ділянки

Згідно агроґрунтового районування Волинської області [64] дослідна земельна ділянка, на якій проводилися дослідження знаходиться в межах Західної провінції зони Лісостепу піднесеної рівнини з підвищеною вологістю в Луцько-Рівненський агроґрунтовому районі який є розчленований, переважно з сірими опідзоленими ґрунтами, зустрічаються чорноземи типові мало гумусні.

Згідно матеріалів крупномасштабного ґрунтового обстеження минулих років (ґрунтової карти рис. 2.2) та закладки перед початком дослідження ґрунтового розрізу на ділянці встановлено, що на ній поширені сірі лісові легкосуглинкові ґрунти. Дані ґрунти у Волинській області займають орієнтовно 78,0 тис га площі. Вони відносяться до сильноопідзолених та на досліджуваній ділянці сформувалися в умовах задовільного зволоження (їм властивий періодично-промивний тип водного режиму) при приблизно рівному співвідношенні кількості опадів і випаровування в умовах високої суми активних температур під пологом широколистяних трав'янистих лісів на добре дренованих вододільних поверхнях. Умовою формування поширених на ділянці дослідження ґрунтів є ослаблений процес підзолювання, якому сприяють особливості біологічного кругообігу речовин, умов гуміфікації, водного режиму [7, 29].

Морфологічний опис сірого лісового ґрунту дослідної ділянки

на лесоподібних відкладах

НЕ орн. – **гумусово-елювіальний орний горизонт**, коричневатого сірого кольору, свіжий, легкосуглинковий, слабо-зернисто-дрібногрудкувата структура, внутрішньо агрегатні дуже тонкі неправильної форми шпарини, між агрегатні тонкі тріщини, корінці рослин, червоточини, копроліти, присипка SiO_2 , поодинокі Fe-Mn бобовини і пунктуації, слабоушільнений, перехід до наступного

горизонту за кольором;

- HE орн. 23-36 см – **гумусово-елювіальний підорний горизонт**, сірий з буруватим відтінком, свіжий, легкосуглинковий, зернисто-дрібногрудкувата структура, щільніший ніж попередній, між агрегатні тріщини, корінці рослин, червоточини, копроліти, присипка SiO_2 , поодинокі Fe-Mn бобовини і пунктуації, ущільнений, перехід до горизонту Ie ясний;
- Ie 36-62 см – **ілювіальний слабоелювіований горизонт**, неоднорідний, бурий з жовтуватим відтінком, свіжий, легкосуглинковий, горіхувато-призмоподібна структура, тонкі неправильної форми шпарини, між агрегатні тріщини, корінці, копроліти, червоточини, присипка SiO_2 на зломах у вигляді гнізд, поодинокі Fe-Mn бобовини і пунктуації, щільний, перехід ясний за кольором і щільністю;
- Igl 62-93 см – **ілювіальний горизонт**, неоднорідний, жовтувато-бурий, свіжий, середньосуглинковий, структура крупно-призматична, між агрегатні тріщини, брудновато-бура лакеровка R_2O_3 на гранях структурних агрегатів, вохристі і сизуваті плями оглеєння, Fe-Mn пунктуації і бобовини, більш щільний, перехід до горизонту IPgl поступовий за кольором і щільністю;
- IPgl 93-115 см – **перехідний горизонт**, неоднорідний, палево-бурий, сирий, липкий, середньосуглинковий, структура брилувата слаба присипка SiO_2 і колоїдна плівка R_2O_3 на гранях агрегатів, чіткі сизі і вохристі плями і розводи оглеєння, Fe-Mn пунктуації, дуже щільний, перехід до нижче лежачого горизонту поступовий за кольором;

Pigl – материнська ґрунтоутворююча порода, неоднорідна, 115-125 см бурувато-палева, сиза, сира, важкосуглинкова, липка, в'язка, крупно-брильовата структура, рясні іржаво-вохристі плями, пунктуації, щільна;

Перед закладенням дослідів сірий лісовий ґрунт характеризувався наступними фізико-хімічними показниками гумусово-елювіального орного шару ґрунту дослідної ділянки: показник кислотності ґрунтового розчину як за показником $pH_{\text{сольовим}}$ 5,67 одиниць так і за гідролітичною кислотністю 2,72 ммоль/100 г ґрунту – близькою до нейтральної, сума увібраних основ висока 21,6 ммоль/100 г ґрунту (табл. 2.2).

Таблиця 2.2

**Фізико-хімічні властивості сірих лісових
легкосуглинкових ґрунтів на лесоподібних відкладах**

Гене- тичний горизонт	Глибина відбору зразків, см	рН _{KCl}	Вміст гумусу, %	Гідролі- тична кислот- ність	Обмінні катіони		Сума увібра- них основ
					Ca ²⁺	Mg ²⁺	
					ммоль/100 г ґрунту		
HE орн.	0–23	5,77	2,23	2,72	18,5	2,8	21,6
HE п/орн.	23–36	5,72	1,74	2,94	17,4	2,5	20,9
Ie	36–62	5,44	0,86	3,85	14,4	1,9	18,5
Igl	62–93	5,56	0,64	3,25	16,6	2,6	20,7
Ipgl	93–115	5,79	0,18	2,41	18,0	2,3	22,1
Pigl	115–125	5,96	—	1,98	19,2	2,9	23,9

Щодо агрохімічними показників, то досліджуваний ґрунт перед закладанням дослідів характеризувався середнім вмістом загального гумусу за Тюрнімом – 2,23%, низьким рівнем легкогідролізного азоту за Корнфілдом – 128,2 мг/кг, середньою кількістю рухомого фосфору (за Кірсановим) та

підвищеною обмінного калію (за Кірсановим) відповідно 95,4 та 138,1 мг/кг ґрунту (табл. 2.3).

Таблиця 2.3

**Агрохімічні властивості сірих лісових легкосуглинкових ґрунтів
на лесоподібних відкладах, мг/кг**

Генетичний горизонт	Глибина відбору зразків, см	Легко- гідролізний азот за Корнфілдом	Рухомий фосфор	Обмінний калій
			за Кірсановим	
HE орн.	0–23	128,2	95,4	138,1
HE п/орн.	23–36	91,3	90,2	125,6
Ie	36–62	64,4	96,3	96,4
Igl	62–93	34,2	103,8	106,0
Ipgl	93–115	18,0	135,3	168,5
Pigl	115–125	-	146,4	173,1

Таким чином, поширені на досліджуваній ділянці сірі лісові легкосуглинкові ґрунти, відповідно діючих нормативних градацій [23], характеризуються сприятливою близькою до нейтральною реакцією ґрунтового розчину, середнім вмістом рухомого фосфору, підвищеною кількістю обмінного калію та низьким рівнем легкогідролізного азоту. Саме тому, для підвищення його родючості та отримання високих економічно обґрунтованих врожаїв пшениці озимої належної якості необхідно вносити добрива.

2.4. Методика проведення досліджень

Дослідження проводили в умовах польового досліді на базі господарства ТОВ «*****» Луцького району Волинської області протягом 2024-2025 рр. на сірому лісовому легкосуглинковому ґрунті. Загальна посівна площа ділянки становила 150 м², облікова – 100 м². Розміщення

варіантів одноярусне, систематичне, повторність досліду – триразова. Пшеницю озиму вирощували у сівозміні з таким чергуванням культур: соя – ріпак озимий – пшениця озима.

Схема досліду проведених досліджень обумовлена виробничими обставинами, які склалися в господарстві ТОВ «*****» і була покликана оптимізувати систему мінерального живлення пшениці озимої шляхом комплексного вивчення впливу різних норм удобрення на динаміку фізико-хімічних і агрохімічних показників сірого лісового ґрунту, встановити особливості трансформації та доступності елементів живлення за різних режимів живлення рослин, оцінити їхній вплив на формування врожайності та якості озимої пшениці, а також науково обґрунтувати оптимальні параметри удобрення, що забезпечують підвищення продуктивності культури та збереження родючості ґрунту.

Для цього відповідно із прийнятими нормативними методиками було закладено польовий дослід за такою схемою наведеною в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4

Схема польового досліду

№ вар.	Варіанти польового досліду
1.	Без добрив (контроль)
2.	N ₆₀ P ₉₀ K ₉₀
3.	N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀
4.	N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀
5.	N ₁₅₀ P ₉₀ K ₉₀

Мінеральні фосфорні (гранульований простий суперфосфат, 19,5% P₂O₅) та калійні (калійна сіль, 40% K₂O) добрива вносили після дискування осінню під основний обробіток ґрунту. З азотних добрив у проведених дослідженнях використовували використовували аміачну селітру (34%) та карбамід (46% амідного азоту). Азотні добрива в умовах досліду вносили під пшеницю озиму весною в три прийоми залежно від норми внесення. Перше

підживлення проводили по мерзло талому ґрунті, друге – на початку виходу рослин в трубку для збереження та стимулювання росту бокових пагонів, третє підживлення – на початку фази колосіння для покращення якості зерна (збільшення вмісту білка та клейковини).

Для проведених досліджень був використаний високо інтенсивний сорт пшениці озимої іноземної селекції (Deutsche Saatveredelung AG) Артїст (ARTIST). Оригінатор сорту німецька насіннєва компанія DSV. Артїст належить до середньостиглих сортів з середньораннім виходом колоса і його наливом, з високим потенціалом урожайності та зимостійкості. Внесений в Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні в 2017 році. Тривалість періоду вегетації складає 264 – 277 діб. Висота рослини – 78,5 – 85,1 см. Ранній налив запобігає щуплості зерна в посушливих регіонах під час дозрівання. Урожайність сорту в середньому залежно від технології та регіону становить 60,2 – 73,4 ц/га (потенціал врожайності – 90 ц/га).

Вирізняється високою адаптивністю до несприятливих умов вирощування. Зимостійкість (холодостійкість) становить 8,1-8,8 балів, стійкість до посухи – 8,4-8,9 балів, стійкість до полягання – 9,0 балів, стійкість до осипання – 8,8-9,0 балів. Характеризується відмінною стійкістю до основних захворювань зернових культур, що дозволяє ефективно використовувати гнучкі системи захисту. Стійкість до окремих видів хвороб: борошниста роса – 8,1-8,6 балів, іржа бура – 8,6-9,0 балів, фузаріоз – 8,7-9 балів, іржа бура – 8,6-9,0 балів, фузаріоз – 8,7-9,0 балів.

Артїст належить до цінних сортів та формує зерно з високою натурою та виходом борошна, забезпечуючи при цьому стабільне число падіння, що має важливу технологічну значимість. Маса 1000 зерен – 40-45 г. Вміст клейковини – 27,4 – 27,9%. Вміст білка – 12,5-13,5%. Належить до компенсаційного типу, тому ідеально підходить для ранніх та оптимальних строків висіву. Безостий (різновид Лютесценс), з міцним стеблом стійким до вилягання.

Сорт Артiст показав стабільну продуктивність у різних кліматичних умовах внаслідок чого рекомендований для вирощування в зонах Лісостепу, Полісся та Степу за різних умов. За напрямком формування врожаю належить до сортів компенсаційного типу, який забезпечує рівномірну виповненість усіх колосів на рослині. Ідеально підходить для ранніх та оптимальних строків висіву, вимагаючи при цьому середніх норм.

Протягом 2024-2025 рр. щорічно з метою дослідження динаміки поживного режиму під час вегетації пшениці озимої на досліджуваних облікових ділянках досліду, а саме у фази весняного кущення, виходу в трубку та повній стиглості поділяючно відбирали зразки з орного та підорного шарів сірого лісового ґрунту.

Для вивчення змін фізико-хімічних та агрохімічних властивостей ґрунту під впливом застосування різних мінеральних добрив відбирали з орного та підорного шарів зразки ґрунту із досліджуваних варіантів. Зразки сірого лісового ґрунту відбирали та підготовляли до лабораторних аналізів згідно з ДСТУ ISO 11464-2001. Фізико-хімічні та агрохімічні лабораторні аналізи ґрунту проводили за наступними методиками: гідролітичну кислотність – за Каппеном у модифікації ЦІНАО; рНсольове – потенціометричним методом (ДСТУ ISO 10390-2001); кальцій і магній – трилонометричним методом; суму увібраних основ – за Каппеном-Гільковіцем; нітратний азот – за Гранвальд-Ляжем; амонійний – фотоколориметричним методом за допомогою реактиву Неслера; легкогідролізний – за Корнфілдом (ДСТУ 7863:2015); вміст гумусу – за Тюріним (ДСТУ 4289:2004); рухомий фосфор та обмінний калій – за Кірсановим (ДСТУ 4405:2005) [1].

З метою визначення якісних показників врожаю зерна пшениці озимої під час суцільного збирання комбайном відбирали середні зразки зерна, в яких визначали: вологість (термогравіметричним методом), натуру зерна з використанням літрової пурки, масу 1000 зерен (зважуванням з точністю до 0,01 г), вміст білка (за методикою К'ельдаля), кількість та якість клейковини

– шляхом ручного відмивання, індекс деформації клейковини – на приладі ВДК-1 [19].

Статистичні розрахунки отриманих врожайних даних пшениці озимої виконували за допомогою комп'ютерних програм методом дисперсійного аналізу і за допомогою пакеті «STATISTICA» [10]. Економічну ефективність застосування добрив розраховували за цінами середніми 2025 р. згідно розроблених методик [20, 27], біоенергетичну ефективність – за методиками О.К. Медведовського та П.І. Іваненка [18] та біоенергетичної оцінки [21].

2.5 Агротехніка вирощування пшениці озимої в досліді

Технологія вирощування пшениці озимої на дослідних ділянках поля інтенсивна – загальноприйнята для зони вирощування Лісостепу західного. Попередник – ріпак озимий. Зразу після завершення збирання ріпаку озимого проводили дискування на глибину 8-10 см для збереження вологи та зароблення і рівномірному розподілу пожнивних рослинних рештків. Основний традиційний обробіток ґрунту під пшеницю озиму проводили через два тижні після дискування. Потім перед основним обробітком вносили фосфорні та калійні добрива (суперфосфат простий і калійну сіль) відповідно до схеми досліді ($P_{90}K_{90}$). Оранку проводили плугами KUNH на глибину 20-22 см.

Передпосівний обробіток сірого лісового легкосуглинкового ґрунту проводили перед самим посівом пшениці озимої і він був спрямований на створення оптимальних сприятливих умов для посіву, проростання насіння, росту рослин та збереження в першу чергу потрібної вологи в ґрунті. Він включав в себе першу культивуацію на глибину 6-8 см культиватором, другу культивуацію здійснювали комбінованим агрегатом у день сівби на глибину загортання насіння з одночасним боронуванням. Сівбу пшениці озимої сорту Артіст проводили в оптимальні строки на глибину 2-3 см вузькорядним способом. Норма висіву насіння становила 4,0 млн. насінин на 1 га. Насіння

пшениці озимої I репродукції протруювали проти хвороб препаратом Кінто Дуо (BASF) в дозі 2,5 л/т.

Для боротьби із бур'янами в посівах пшениці озимої застосовували післясходові гербіциди. Для цього проти дводольних бур'янів восени після появи 2-3 листків пшениці озимої проводили комбіноване внесення гербіцидів Ланцелот (0,033 кг/га) + Паллас (0,15 л/га).

Азотні добрива в умовах дослідів вносили під пшеницю озиму весною дробно в кілька прийомів залежно від норми внесення. Перше підживлення проводили аміачною селітрою (30% від норми) ранньою весною по мерзло талому ґрунті з метою стимулювання кущення згідно схеми дослідів. Друге підживлення (50% від норми) пшениці озимої проводили аміачною селітрою на початку виходу рослин в трубку для збереження та стимулювання росту бокових пагонів. Третє підживлення здійснювали карбамідом на початку фази колосіння (20% від норми) для покращення якості зерна (збільшення вмісту білка та клейковини).

Навесні після перезимівлі посіви озимої пшениці боронували впоперек рядків легкими боронами для закриття вологи та часткового знищення проростаючих бур'янів. У фазу кушіння весною посіви пшениці озимої обприскували гербіцидом Гроділ Максї (нормою внесення 0,10 л/га). На посівах пшениці озимої проти хвороб застосовували фунгіциди Капало (1,5 л/га) та Адексар СЕ Плюс (1,0 л/га) а проти шкідників інсектицид Карате (0,2 л/га). Для запобігання вилягання пшениці на посівах застосовували регулятор росту Моддус (0,5 л/га).

Збирання та облік урожайності пшениці озимої проводили подільночно при настанні повної фази стиглості зерна суцільним способом прямим комбайнуванням з усієї площі ділянки в кінці липня. Після збирання відбирали середні зразки зерна для визначення якісних показників у лабораторії.

РОЗДІЛ 3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Динаміка фізико-хімічних властивостей-сірого лісового ґрунту під пшеницею озимою залежно від удобрення

Пшениця озима – одна з найпопулярніших і затребуваних культур серед агровиробників. Щоб отримувати стабільно високий урожай хорошої якості, необхідно забезпечити рослини поживними речовинами у потрібних дозах. Ціни на мінеральні добрива з кожним роком зростають, тому важливо застосовувати їх ефективно не лише з агротехнічної, а й з економічної точки зору. Збалансоване живлення є основою якісного врожаю будь-якої культури, зокрема озимої пшениці. Як недолік, так і надлишок мінеральних речовин у ґрунті може призвести до зниження урожайності та якості зерна.

В загальному пшениця озима є вимоглива до кислотності ґрунту. Найкраще росте вона при оптимальній кислотності ґрунту рН становить від 6,0 до 7,0 одиниць. Вирощування пшениці при рН нижче 6,0 часто призводить до дефіциту в першу чергу магнію, повільнішої мінералізації органічного азоту, зниження доступності фосфору і збільшує ймовірність отруєння алюмінієм та марганцем [23].

У сучасних умовах ведення сільськогосподарського виробництва відзначається інтенсифікація процесів підкислення орного шару сірих лісових та збільшення площ кислих ґрунтів в цілому. Одностороннє внесення мінеральних азотних добрив (як правило, фізіологічно кислих) та зменшення застосування фосфорних добрив посилює ці процеси. Кисла реакція середовища ґрунтового розчину значно змінює не тільки величину врожаю, але його і якість. Зокрема, при вирощуванні пшениці озимої на кислих ґрунтах в зерні зменшується кількість білка і збільшується вміст небілкового азоту [14, 54]. Це пояснюється негативним впливом підвищеної кислотності на використання вуглеводів для побудови білків, погіршенням живлення

рослин азотом та гальмуванням утворення білкових речовин у зерні [36].

Проведені дослідження визначення динаміки обмінної кислотності сірого лісового ґрунту протягом вегетації пшениці озимої показали, що на всіх досліджуваних варіантах досліду як в орному шарі ґрунту (0-20 см) так і підорному показник обмінної кислотності (pH_{KCl}) змінювався залежно від внесених різних норм добрив, що впливали в першу чергу на протікання мікробіологічних процесів.

Протягом вегетації пшениці озимої на контрольному варіанті, без внесення добрив обмінна кислотність у фазу весняного кушення становила в орному шарі сірого лісового ґрунту 5,76 одиниць та була згідно градації ступеня кислотності близькою до нейтральної. На протязі вегетації пшениці озимої показник pH_{KCl} на варіанті без добрив змінювався незначно: знижувався у фазу виходу в трубку до 5,74 одиниць, та знов зростав при повній стиглості пшениці озимої (табл. 3.1).

Таблиця 3.1

Вплив удобрення пшениці озимої на динаміку обмінної кислотності (pH_{KCl}) сірого лісового легкосуглинкового ґрунту

№ вар.	Рівень удобрення	Шар ґрунту	Фази вегетації		
			Весняне кушення	Вихід в трубку	Повна стиглість
1.	Без добрив (контроль)	0 – 20	5,76	5,74	5,76
		20 – 35	5,70	5,71	5,73
2.	$N_{60} P_{90} K_{90}$	0 – 20	5,74	5,72	5,73
		20 – 35	5,68	5,70	5,69
3.	$N_{90} P_{90} K_{90}$	0 – 20	5,65	5,63	5,65
		20 – 35	5,62	5,59	5,62
4.	$N_{120} P_{90} K_{90}$	0 – 20	5,60	5,55	5,57
		20 – 35	5,55	5,51	5,53
5.	$N_{150} P_{90} K_{90}$	0 – 20	5,48	5,42	5,44
		20 – 35	5,44	5,40	5,41

Внесення на фосфорно-калійному фоні найменшої дози азотних добрив N_{60} сприяло незначному підкисленню ґрунтового розчинну у фазу весняного кущення до 5,74 одиниць. У міжфазний період виходу в трубку та повної стиглості обмінна кислотність практично була на одному рівні, при цьому рН сольове становило в орному шарі сірого лісового ґрунту відповідно 5,72 і 5,73 одиниць.

Внесення під пшеницю озиму однакової норми основних елементів живлення $N_{90}P_{90}K_{90}$ сприяло на протязі вегетації пшениці озимої не великому зниженню рН сольового з 5,65 одиниць у фазу весняного кущення до 5,63 під час виходу рослин в трубку. Однак згідно прийнятої градації кислотність була оптимальною близькою до нейтральної. При застосуванні вищої норми азотних добрив відзначено подальше зниження показника pH_{KCl} порівняно з контрольним варіантом у фазу весняного кущення до 5,6 одиниць та на протязі всієї подальшої вегетації пшениці озимої, у фазу виходу в трубку відповідно 5,55, а повної стиглості 5,57.

Застосування мінеральної системи удобрення з внесенням вищої дози азотних добрив N_{150} під пшеницю озиму призвело до підкислення ґрунтового розчину сірого лісового ґрунту та слабокислої реакції на протязі всієї вегетації культури. При цьому обмінна кислотність на початку весняного кущення становила 5,48, виходу в трубку 5,42 та повної стиглості 5,44 одиниць.

Досліджувані системи удобрення в умовах закладеного досліджу здійснювали також значний вплив на гідролітичну кислотність ґрунтового розчину, яка більш повно відображає загальну потенційну кислотність, оскільки включає в себе всі форми кислотності, на протязі всієї вегетації пшениці озимої. На контрольному варіанті де добрива не вносилися, гідролітична кислотність на протязі вегетації пшениці озимої була близькою до нейтральної, та на початку весняного кущення становила 2,74 мг-екв/100 г ґрунту, у фазу виходу в трубку незначно зростала до 2,72 і найнижчою була

2,70 мг-екв/100 г ґрунту під час повної стиглості зерна (табл. 3.2).

Таблиця 3.2

**Вплив удобрення пшениці озимої на динаміку гідролітичної
кислотності сірого лісового легкосуглинкового ґрунту,
мг-екв/100 г ґрунту**

№ вар.	Рівень удобрення	Шар ґрунту	Фази вегетації		
			Весняне кущення	Вихід в трубку	Повна стиглість
1.	Без добрив (контроль)	0 – 20	2,74	2,72	2,70
		20 – 35	2,98	2,97	2,93
2.	N ₆₀ P ₉₀ K ₉₀	0 – 20	2,78	2,82	2,77
		20 – 35	2,98	3,00	2,98
3.	N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	0 – 20	2,86	3,02	2,85
		20 – 35	3,02	3,05	3,03
4.	N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀	0 – 20	3,00	3,04	3,02
		20 – 35	2,95	2,98	2,98
5.	N ₁₅₀ P ₉₀ K ₉₀	0 – 20	3,16	3,20	3,18
		20 – 35	3,08	3,12	3,14

Внесення мінеральних азотних добрив нормою N₆₀ на фосфорно-калійному фоні незначно змінювали показники гідролітичної кислотності порівняно з контрольним варіантом під час росту і розвитку пшениці озимої та залишалася близькою до нейтральної. У фазу весняного кущення вона становила 2,78 мг-екв/100 г ґрунту, потім незначно зростала під час виходу в трубку до 2,82 і знижувалася у фазу повної стиглості до 2,77 мг-екв/100 г ґрунту. Внесення вищої норми N₉₀ більше підкислювало реакцію ґрунтового розчину протягом вегетації культури порівняно із попереднім варіантом 0,08-0,20 одиниць.

Застосування вищої норми азотних добрив також підкислювало сірий лісовий ґрунт як в орному так і підорному шарі ґрунту, гідролітична кислотність становила у фазу весняного кущення пшениці озимої 3,00 мг-екв/100 г ґрунту, незначно зростала під час виходу рослин у трубку до 3,04 та

знижувалася до 3,02 мг-екв/100 г ґрунту в кінці вегетації пшениці озимої.

Аналізуючи динаміку гідролітичної кислотності при застосуванні поетапно найвищої норми азотних добрив N_{150} , то за даної системи удобрення вона на протязі всієї вегетації була серед досліджуваних систем найвищою та за ступенем кислотності слабокислою. І на початку весняної вегетації пшениці озимої у фазі весняного кущення в орному шарі ґрунту становила 3,16 мг-екв/100 г ґрунту, під час виходу рослин у трубку кислотність зростала до 3,20, а потім у фазу повної стиглості зерна знову знижувалася до 3,18 мг-екв/100 г ґрунту.

Слід відзначити, що за період вегетації пшениці озимої обмінна та гідролітична кислотність сірого лісового ґрунту виявилася найбільш кислою у фазу виходу в трубку. Дану закономірність відзначено практично в усіх досліджуваних варіантах досліду.

Таким чином внесення підвищених норм азотних добрив призводить до поступового незначного підкислення сірого лісового легкосуглинкового ґрунту шляхом зниження обмінної та зростанням гідролітичної кислотності на протязі вегетації пшениці озимої.

Важливим показником який відображає загальний вміст увібраних катіонів сірого лісового ґрунту, що відіграють важливе значення як джерело поживних речовин для пшениці озимої є сума увібраних основ.

Проведені дослідження показали, що досліджувані системи удобрення в умовах проведеного досліду мали вплив на суму увібраних основ, яка зазнавала певних змін залежно від внесених мінеральних добрив. Хоча різниця значень суми увібраних основ між досліджуваними варіантами були не дуже значними, однак чітко спостерігалася тенденція до її зниження при застосуванні підвищених доз азотних добрив. На контрольному варіанті у фазу весняного кущення пшениці озимої сума увібраних основ згідно ступеня забезпеченості була високою і становила 21,4 мг-екв/100 г ґрунту. У фази виходу в трубку та повної стиглості зерна рівень суми увібраних

основ знижувався відповідно до 21,2 і 21,0 мг-екв/100 г ґрунту (табл. 3.3).

Таблиця 3.3

**Вплив удобрення пшениці озимої на динаміку суми увібраних
основ сірого лісового легкосуглинкового ґрунту,
мг-екв/100 г ґрунту**

№ вар.	Рівень удобрення	Шар ґрунту	Фази вегетації		
			Весняне кущення	Вихід в трубку	Повна стиглість
1.	Без добрив (контроль)	0 – 20 20 – 35	21,4 20,7	21,2 20,6	21,0 20,4
2.	N ₆₀ P ₉₀ K ₉₀	0 – 20 20 – 35	21,2 20,8	20,8 20,5	20,5 20,1
3.	N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	0 – 20 20 – 35	21,0 20,5	20,5 20,3	20,1 19,7
4.	N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀	0 – 20 20 – 35	20,5 19,8	20,2 19,4	19,8 19,2
5.	N ₁₅₀ P ₉₀ K ₉₀	0 – 20 20 – 35	20,8 20,0	20,5 19,5	20,1 19,4

Відомо, що пшениця озима інтенсивно засвоює кальцій та магній особливо на стадіях інтенсивного росту та розвитку рослин, що призводить до зниження в цілому концентрації обмінних катіонів. У наших дослідженнях це було дуже видно при застосуванні більших норм добрив. Так, при внесенні мінеральної системи удобрення N₉₀ P₉₀ K₉₀ у фазу весняного кущення сума увібраних основ становила 21,0 мг-екв/100 г ґрунту, виходу в трубку – 20,5, а повної стиглості – 20,1 мг-екв/100 г ґрунту.

Дослідження показали, що із підвищенням рівня внесених мінеральних до добрив до N₁₂₀ на фосфорно-калійному фоні відзначено зниження рівня суми увібраних основ у фазу весняного кущення пшениці озимої до 20,5 мг-екв/100 г ґрунту. При виході рослин в трубку рівень суми увібраних основ знижувався ще більше до підвищеного ступеня забезпеченості до 20,2, а у фазу повної стиглості до 19,8 мг-екв/100 г ґрунту.

При внесенні найвищої дози азотних добрив N_{150} кількість суми увібраних основ була вища за попередній варіант і становила у фазу весняного кущення 20,8 мг-екв/100 г ґрунту, виходу в трубку 20,5, а повної стиглості 20,1 мг-екв/100 г ґрунту.

Дослідженнями встановлено, що під час вегетації пшениці озимої в сірому лісовому легкосуглинковому ґрунті відбувається зменшення суми увібраних основ, внаслідок засвоєння рослинами обмінних катіонів кальцію та магнію і доступності їх залежно від кислотності ґрунту.

3.2. Зміна мінеральних форм азоту сірого лісового ґрунту під пшеницею озимою залежно від норм добрив

Одним із найважливіших елементів живлення пшениці озимої є азот, при його нестачі його рослини сильно відставатимуть у зростанні та розвитку. Особливо важливо забезпечити посіви достатньою кількістю азоту у критичних фазах: зокрема, на початкових етапах розвитку. Саме тому підживлення пшениці озимої починають проводити ранньою весною по мерзлоталому ґрунті. Згодом потреба рослин в азоті знижується, і дозу цього елемента наступні етапи обробки зменшують.

Доступність азоту впливає на весь розвиток пшениці озимої, впливаючи на приживлення сходів, кущення, розвиток рослин, а також налив зерна, що може вплинути на кінцеву врожайність і разом визначити потреби культури в азоті [39]. Хоча збільшення внесення азоту призвело до вищих врожайностей, це не лінійна залежність, та існує економічно оптимальне внесення, яке компенсує додаткове збільшення врожайності вартістю додаткового внесення азоту, що необхідно визначати для окремих сортів

Порівняльні дослідження NH_4^+ та NO_3^- як основних джерел азоту показують, що NH_4^+ може знижувати фотосинтез, дихання та потребу у воді, але покращує стійкість рослин до посухи та патогенів. Навпаки, NO_3^- сприяє вегетативному росту та затримує старіння рослин. Крім того, складні азотні

добрива, такі як NH_4^+ , є більш ефективними у збільшенні кількості пагонів порівняно з еквівалентною кількістю окремих форм азоту. Це свідчить про те, що комбінація форм азоту відіграє вирішальну роль в оптимізації росту та врожайності пшениці [63].

В умовах інтенсивного землеробства для управління процесами живлення пшениці озимої, формування високих і сталих врожаїв відповідної якості та регулювання родючості сірого лісового ґрунту важливо дослідити протікання та ступінь змін азотного режиму під впливом внесених добрив [9].

Рівень мінерального азоту (нітратного і амонійного) в ґрунті є дуже динамічним, адже він є одним із основних макроелементів потрібних для росту і розвитку рослин пшениці озимої, внаслідок чого він змінюється протягом вегетаційного періоду, в першу чергу через використання рослинами на формування маси та врожайності і активність біологічних процесів [2].

В ґрунті приблизно однакові по доступності для більшості сільськогосподарських культур, в тому числі і пшениці озимої, нітратний та амонійний азот, однак нітратна форма має властивість легко переміщатися з потоком води і більше активно засвоюється рослини, а амонійна форма азоту є слабо рухомою [14].

Проведеними дослідженнями встановлено, що динаміка нітратного азоту в сірому лісовому ґрунті залежала від норми внесених добрив та фази розвитку пшениці озимої. У середньому за два роки проведених досліджень, максимальна кількість нітратного азоту спостерігалася весною на початку розвитку рослин пшениці озимої. На протязі подальших фаз росту і розвитку внаслідок інтенсивного споживання пшеницею кількість нітратного азоту зменшувалася особливо у верхньому шарі ґрунту 0-20 см де знаходиться основна маса коренів, з отриманням найменших значень у фазу повної стиглості зерна (табл. 3.4).

Таблиця 3.4.

**Вплив різних норм добрив на динаміку вмісту нітратного азоту
сірого лісового ґрунту під пшеницею озимою, мг/кг ґрунту**

№ вар.	Рівень удобрення	Шар ґрунту	Фази вегетації		
			Весняне кущення	Вихід в трубку	Повна стиглість
1.	Без добрив (контроль)	0 – 20 20 – 35	13,3 12,4	12,6 10,3	7,6 6,8
2.	N ₆₀ P ₉₀ K ₉₀	0 – 20 20 – 35	18,3 17,6	15,5 14,5	13,4 11,7
3.	N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	0 – 20 20 – 35	22,1 20,6	19,6 16,0	15,2 13,0
4.	N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀	0 – 20 20 – 35	24,3 21,2	20,2 18,1	16,0 13,3
5.	N ₁₅₀ P ₉₀ K ₉₀	0 – 20 20 – 35	26,8 23,6	22,6 19,0	17,3 15,1

У фазу весняного кущення пшениці озимої найнижчі показники нітратного азоту в орному 13,3 та підорному шарах ґрунту 12,4 мг/кг ґрунту відзначено у контрольному варіанті без внесення добрив. У фазу виходу в трубку пшениці озимої кількість нітратного азоту зменшилася в орному шарі ґрунту відповідно до 12,6 мг/кг. У фазу повної стиглості рівень нітратного азоту був найнижчим на контролі і становив 7,6 мг/кг.

Проведені дослідження показали, всі досліджувані системи удобрення збільшували порівняно із варіантом без внесення добрив (контролем) вміст нітратного азоту в сірому лісовому ґрунті під пшеницею озимою. Різниця із контролем складала у фазу весняного кущення 5,3-13,5 мг/кг, у фазу виходу в трубку 2,9-10,0 мг/кг, повної стиглості зерна – 5,8-9,7 мг/кг ґрунту.

Весною у фазу весняного кущення пшениці озимої відзначено найвищий вміст сполук нітратного азоту (26,8 мг/кг ґрунту) при дробному внесенні норми азотних добрив N₁₅₀, що дозволяє підтримувати оптимальний рівень азоту особливо під час активного росту пшениці озимої у фазу виходу в трубку 22,6 мг/кг. За даної системи удобрення в кінці вегетації пшениці

озимої вміст нітратного азоту залишається також найвищим 17,3 мг/кг, порівняно із іншими варіантами дослідів.

Застосування в умовах дослідів в середньому за два роки під пшеницю озиму N₁₅₀ на фосфорно-калійному фоні забезпечило також у фазу весняного кущення достатньо високий рівень нітратного азоту 24,3 мг/кг, який на протязі подальшої вегетації знижувався у фазу виходу в трубку до 20,2 мг/кг, а повної стиглості зерна- 16,0 мг/кг ґрунту.

Щодо дослідження в сірому лісовому ґрунті динаміки вмісту амонійного азоту під пшеницею озимою залежно від удобрення то дослідженнями встановлено, що протягом вегетаційного періоду відзначено зменшення концентрації амонію із досягненням найменших показників у фазу повної стиглості зерна внаслідок інтенсивного використання рослинами для росту і формування врожаю (табл. 3.5).

Таблиця 3.5

**Динаміку вмісту амонійного азоту сірого лісового ґрунту
під пшеницею озимою залежно від удобрення, мг/кг ґрунту**

№ вар.	Рівень удобрення	Шар ґрунту	Фази вегетації		
			Весняне кущення	Вихід в трубку	Повна стиглість
1.	Без добрив (контроль)	0 – 20	28,2	18,5	14,3
		20 – 35	25,3	16,4	12,1
2.	N ₆₀ P ₉₀ K ₉₀	0 – 20	33,3	22,5	16,2
		20 – 35	29,4	20,1	14,3
3.	N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	0 – 20	35,5	23,1	17,2
		20 – 35	31,2	21,7	15,0
4.	N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀	0 – 20	36,7	25,2	18,3
		20 – 35	33,4	22,8	17,6
5.	N ₁₅₀ P ₉₀ K ₉₀	0 – 20	38,2	27,2	19,5
		20 – 35	34,6	23,5	18,4

Проведені дослідження показали, що всі системи удобрення збільшували порівняно із контрольним варіантом без внесення добрив кількість амонійного азоту як в орному так і підорному горизонтах сірого

лісового ґрунту. При цьому різниця відносно контролю без добрив складала у фазу весняного кушення 5,0-10,0 мг/кг, виходу в трубку 4,0-8,7 мг/кг, а повної стиглості зерна пшениці озимої – 1,9-5,3 мг/кг.

Дослідженнями показали, що під пшеницею озимою максимальний вміст амонійного азоту 38,2-27,2-19,5 мг/кг на протязі вегетації в орному шарі сірого лісового ґрунту забезпечило внесення в три етапи підвищеної норми азотних добрив N_{150} . Найвищий вміст сполук амонійного азоту був характерний для весняного періоду на всіх удобрених варіантах порівняно з контролем внаслідок внесення добрив (аміачної селітри) яка містить амонійну форму азоту. Однак на протязі вегетації пшениці озимої рівень амонійного азоту зменшувався внаслідок процесів нітрифікації та поступового засвоювання рослинами.

У варіанті внесення найменшої із досліджуваних норм добрив N_{60} , рівень амонійного азоту на протязі вегетації пшениці озимої був меншим порівняно із іншими варіантами, однак кращим за контрольний варіант. Зростання норми азотних добрив сприяло збільшенню також в сірому лісовому ґрунті амонійного азоту сполуки якого інтенсивна використовувалися рослинами пшениці озимої для формування врожаю зерна відповідної якості.

Важливе значення в живленні пшениці озимої відіграє легкогідролізний азот, який є фактично найближчим резервом мінерального азоту. Саме тому дуже актуально та важливо досліджувати у динаміці як він змінюється у сірому лісовому ґрунті залежно від різних норм удобрення.

Проведені дослідження показали, що рівень легкогідролізного азоту в сірому лісовому ґрунті змінювався в першу чергу залежно від норм удобрення та фаз росту і розвитку рослин пшениці озимої. Найвищі показники амонійного азоту в середньому за роки досліджень були отримані в орному шарі (0-20 см) сірого лісового ґрунту на удобрених варіантах у фазу весняного кушення пшениці озимої 133,4-140,7 мг/кг ґрунту (табл. 3.6).

Таблиця 3.6

**Вплив удобрення на динаміку вмісту легкогідролізного азоту
сірого лісового ґрунту під пшеницею озимою, мг/кг ґрунту**

№ вар.	Рівень удобрення	Шар ґрунту	Фази вегетації		
			Весняне кущення	Вихід в трубку	Повна стиглість
1.	Без добрив (контроль)	0 – 20 20 – 35	128,8 93,5	115,3 90,5	105,4 88,6
2.	N ₆₀ P ₉₀ K ₉₀	0 – 20 20 – 35	133,4 113,0	120,6 111,2	112,4 107,3
3.	N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	0 – 20 20 – 35	136,6 118,7	121,8 113,1	118,4 110,1
4.	N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀	0 – 20 20 – 35	138,6 120,0	123,2 115,9	119,1 115,7
5.	N ₁₅₀ P ₉₀ K ₉₀	0 – 20 20 – 35	140,7 123,3	124,7 118,3	122,2 116,0

Дослідженнями встановлено, що у верхньому шарі сірого лісового ґрунту на всіх варіантах дослідів вищий рівень легкогідролізних сполук азоту пояснюється безпосереднім внесенням азотних добрив поверхнево при підживленні, а також посиленням мікробіологічної активності ґрунту. У підорному шарі ґрунту 20-35 см вміст легкогідролізованого азоту знижується до 91,3-123,3 мг/кг ґрунту.

Серед досліджуваних рівнів удобрення найбільша кількість легкогідролізних сполук азоту була на протязі всієї вегетації пшениці озимої отримана при дробному внесенні найвищої досліджуваної норми азотних добрив N₁₅₀ на фосфорно-калійному фоні P₉₀K₉₀. За даної системи удобрення у фазу весняного кущення використання пшеницею легкогідролізних сполук було меншим, внаслідок чого його кількість була найвищою і становила 140,7 мг/кг ґрунту. На пізніших фазах споживання легкогідролізних сполук різко зростало, адже вони використовуються власне для росту вегетативної маси і формування колоса, внаслідок чого рівень його значно знижувався у фазу повної стиглості зерна до 122,2 мг/кг ґрунту.

У контрольному варіанті без внесення добрив було отримано найнижчий вміст легкогідролізних сполук азоту в орному 128,8 мг/кг та підорному шарах ґрунту 93,5 мг/кг.

Однак у наших дослідженнях застосування вищої норми азотних добрив N_{150} сприяло підкисленню сірого лісового ґрунту (pH_{KCl} становило 5,44-5,48, гідролітична кислотність 3,16-3,20 мг-екв/100 г ґрунту), адже амонійні та амідні форми азоту під час нітрифікації виділяють іони H^+ , що власне сприяє підкисленню.

Таким чином у наших дослідженнях встановлено, що стрес від надмірної кислотності зменшував ефективність використання азоту, тому рослини пшениці озимої не можуть повноцінно реалізувати потенціал більшої дози N_{150} .

3.3 Динаміка рухомого фосфору та обмінного калію в сірому лісовому ґрунті в процесі вегетації пшениці озимої

На практиці більша частина господарств вважають, що більша кількість внесених мінеральних добрив означає вищий врожай зерна пшениці озимої, тому у багатьох регіонах зазвичай застосовують надмірне внесення фосфорних добрив.

Однак надмірне використання фосфорних добрив не тільки призводить до марнування та не ефективного використання фосфорних добрив, забруднення навколишнього середовища, але й знижує якість зерна за такими факторами, як концентрація цинку. Тому внесення фосфорних добрив слід контролювати таким чином, щоб забезпечити достатню кількість фосфору в ґрунті для досягнення високого врожаю зерна на основі розвитку як фізіологічних, так і інших ознак, уникаючи при цьому надмірного внесення фосфору [67].

Існують складні взаємодії між внесеним фосфором та різними компонентами ґрунту, типом ґрунту, для цього підходу

«нарощування/підтримки» слід встановити зв'язок між внесенням фосфору та змінами в доступному фосфорі в ґрунті.

Оскільки динаміка фосфору в ґрунті відрізняється залежно від типу ґрунту та клімату, висновки, зроблені на основі одного типу середовища, не можна застосовувати до іншого. Отже, для даного середовища та системи вирощування сільськогосподарських культур важливо визначити критичний рівень фосфору, якщо має бути досягнута висока ефективність фосфору.

Оптимізація фосфатного рівня ґрунтів підвищує ефективну родючість і значною мірою згладжує їх генетичні особливості, сприяє стійкості врожаїв сільськогосподарських культур, в тому числі пшениці озимої до несприятливих погодних умов, зменшує амплітуду їх коливань в різні за кількістю опадів роки і знижує споживання вологи на одиницю продукції [42]. Тому прогноз зміни ефективності мінеральних добрив визначається фосфатним режимом і його динамікою.

Відомо, що забезпеченість пшениці озимої на протязі вегетації фосфорним живленням значно впливає на рівень врожайності, адже засвоювання фосфору рослинами проходить нерівномірно. На початку росту рослин до фази кушіння рослини пшениці озимої поглинають від максимального вмісту 25-35% доступного фосфору. Основну найбільшу кількість фосфору пшениця інтенсивно поглинає у між фазний період виходу в трубку та колосіння. Фактично пшеницею озимою фосфор поглинається аж до фази розвитку фізіологічної стиглості [6].

Відомо, що формування поживного режиму сірого лісового ґрунту переважно залежить від системи удобрення культури, внесеної дози діючої речовини під культуру (прямої дії) і кількості щорічно заробленої в ґрунт побічної продукції попередника (непрямої дії) [2].

У проведених дослідженнях було досліджено взаємозв'язки між доступним у ґрунті фосфором, а також фізіологічними ознаками рослин, що може бути корисним для розуміння механізмів формування врожайності та,

таким чином, для сталого управління удобрення в інтенсивних системах вирощування пшениці.

Дослідження проведені на досліджуваних ділянках показали, що протягом вегетації пшениці озимої вміст доступних рухомих сполук фосфору та обмінного калію змінювався подібно також сполукам азоту. Пшениця поглинає доступний рухомий фосфор протягом всього вегетаційного періоду, особливо інтенсивна вона його використовує на ранніх етапах росту в першу чергу для формування потужної кореневої системи та в період власне формування зерна

На протязі вегетації пшениці озимої в орному (0-20 см) так і підорному (20-35 см) шарах сірого лісового ґрунту на всіх досліджуваних системах удобрення, де вносили осінню під основний обробіток однакову норму P_{90} , вміст рухомого фосфору поступово знижувався з отриманням найнижчих значень у фазі повної стиглості зерна пшениці озимої 98,3-103,7 мг/кг ґрунту, внаслідок інтенсивного використання рослинами та виносу разом із врожаєм (табл. 3.7).

Таблиця 3.7

Динаміка змін рухомого фосфору сірого лісового ґрунту під пшеницею озимою за фазами вегетації, мг/кг ґрунту

№ вар.	Рівень удобрення	Шар ґрунту	Фази вегетації		
			Весняне кущення	Вихід в трубку	Повна стиглість
1.	Без добрив (контроль)	0 – 20	96,8	91,3	85,2
		20 – 35	90,7	88,2	87,0
2.	$N_{60} P_{90} K_{90}$	0 – 20	117,5	106,3	98,3
		20 – 35	91,6	91,0	90,1
3.	$N_{90} P_{90} K_{90}$	0 – 20	119,8	108,2	101,6
		20 – 35	93,4	93,0	91,5
4.	$N_{120} P_{90} K_{90}$	0 – 20	122,3	109,6	102,2
		20 – 35	95,5	94,7	94,0
5.	$N_{150} P_{90} K_{90}$	0 – 20	124,6	112,3	103,7
		20 – 35	97,7	96,8	95,8

На протязі вегетації пшениці озимої кількість доступного фосфору була вищою в орному шарі ґрунту сірого лісового ґрунту 0-20 см, що пояснюється безпосереднім внесенням фосфорних добрив де він активно закріплюється саме там де він був внесений і не здатний мігрувати значно в горизонти нижчі. Рівень рухомого доступного фосфору на удобрюваних варіантах у фазу кущення пшениці озимої становить 117,5-124,6 мг/кг в орному шарі та в підорному 91,6-97,7 мг/кг. Найнижчий вміст рухомого фосфору в умовах дослідів було відзначено на контрольному варіанті де добрива не вносили. У фазу весняного кущення він становив в орному шарі ґрунту 96,8 мг/кг та знижувався також на протязі вегетації пшениці озимої. Найнижчим рівень доступних фосфатів був у фазу повної стиглості зерна і становив 85,2 мг/кг ґрунту.

Проведені дослідження показали, що всі досліджувані системи удобрення, внаслідок внесення однакової норми P_{90} , суттєво не вплинули на динаміку вмісту його у сірому лісовому ґрунті на протязі вегетації пшениці озимої, однак в удобрених варіантах він мав тенденцію до зниження протягом вегетації, але все одно залишався на підвищеному рівні що позитивно вплинуло на врожайність зерна.

Важливим та дуже необхідним елементом для росту і розвитку пшениці озимої є калій. Сучасні інтенсивні сільськогосподарські системи зазвичай пов'язані з незбалансованим та недостатнім удобренням калієм. Існує складний зв'язок між врожайністю зерна та постачанням калію, і необхідні подальші дослідження для оптимізації управління калієм для забезпечення високої врожайності і якості зерна пшениці озимої [5].

У сільськогосподарському виробництві внесення добрив необхідне не лише для забезпечення, але й для підтримки достатнього постачання розчинного калію до сільськогосподарських культур. Однак норми внесення та терміни внесення органічних або неорганічних добрив часто базуються на оптимальному постачанні азоту, але, на жаль, часто не на потребах у калії.

Це може призвести до надлишку або дефіциту калію залежно від характеристик як культури, так і ґрунту [70].

Тому фізіологічні функції калію є критично важливими, а моніторинг динаміки калію в ґрунті є надзвичайно важливим для формування достатнього врожаю зерна пшениці озимої відповідної високої якості.

Щодо динаміки обмінного калію в сірому лісовому ґрунті під пшеницею озимою, то дослідженнями встановлено, що найнижчий вміст обмінного калію у фазу весняного кушення був на контрольному варіанті 139,4 мг/кг в орному та 124,0 мг/кг в підорному шарах ґранту. Внесення калійних добрив в умовах дослідіу нормою K_{90} під основний обробіток ґрунту збільшило вміст сполук рухомого калію на всіх досліджуваних варіантах (табл. 3.8).

Таблиця 3.8

Динаміка обмінного калію в сірому лісовому ґрунті під пшеницею озимою на протязі вегетації пшениці озимої, мг/кг ґрунту

№ вар.	Рівень удобрення	Шар ґрунту	Фази вегетації		
			Весняне кушення	Вихід в трубку	Повна стиглість
1.	Без добрив (контроль)	0 – 20	139,4	131,5	125,6
		20 – 35	124,0	117,2	112,7
2.	$N_{60} P_{90} K_{90}$	0 – 20	143,1	141,8	139,3
		20 – 35	125,2	118,9	116,5
3.	$N_{90} P_{90} K_{90}$	0 – 20	143,9	142,2	140,6
		20 – 35	126,3	119,5	117,5
4.	$N_{120} P_{90} K_{90}$	0 – 20	144,7	142,6	140,5
		20 – 35	128,0	119,9	118,0
5.	$N_{150} P_{90} K_{90}$	0 – 20	145,9	143,4	141,2
		20 – 35	128,8	120,8	119,3

На початку вегетації пшениці озимої у фазу весняного кушення на всіх досліджуваних удобрюваних варіантах вміст обмінного калію згідно ступеня забезпечення (за Кірсановим) в орному шарі 0-20 см був підвищеним 143,1-145,9 мг/кг ґрунту. Протягом росту і розвитку рослин пшениці озимої

кількість обмінного калію зменшувалася поступово у фазу виходу в трубку до 141,8-143,4 мг/кг, і найнижчою була (139,3-141,2 мг/кг) при повній стиглості зерна внаслідок інтенсивного споживання на протязі вегетації пшениці ячменю ярого.

Слід зазначити що, при використанні на даному фосфорно-калійному фоні $P_{90}K_{90}$ азотних добрив в нормі N_{150} сприяло зниженню обмінної кислотності pH_{KCl} становило 5,44-5,48 та зростанню гідролітичної до 3,16-3,20 мг-екв/100 г ґрунту сірого лісового легкосуглинкового ґрунту. Власне підкислення погіршує засвоєння фосфору, калію, кальцію та магнію, що знижує в цілому ефективність живлення рослин.

Проведені дослідження показали, що чіткої залежності від досліджуваних систем удобрення на вміст обмінного калію у сірому лісовому легкосуглинковому ґрунті не встановлено, однак, вміст калію в цілому на варіантах удобрюваних був більшим за контрольний варіант де добрива не застосовувалися. Саме тому правильне використання калію разом з іншими поживними речовинами допомагає досягти сталої продуктивності та якості пшениці озимої, а також забезпечити продовольчу безпеку.

3.4. Вплив різного удобрення на врожайність зерна пшениці озимої

Застосування мінеральних добрив відіграє ключову роль у підвищенні врожайності пшениці та зміцненні глобальної продовольчої безпеки. Водночас через обмежену спроможність господарств покривати економічні ризики вони частіше зосереджуються на отриманні економічного прибутку, ніж на врахуванні екологічних витрат.

Окрім забезпечення продовольчої безпеки, господарства мають дбати й про захист довкілля. Для досягнення цих цілей необхідно виробляти більше зерна при нижчих витратах та мінімальних екологічних наслідках. Добрива є ключовим чинником, що забезпечує високу й стабільну врожайність сільськогосподарських культур, в тому числі пшениці озимої. Водночас деякі господарства застосовують надмірні дози добрив у прагненні

підвищити врожайність, проте такий підхід не гарантує досягнення бажаних результатів [55].

Отримані результати проведених досліджень показали, що на врожайність зерна пшениці озимої значний вплив мали досліджувані системи удобрення, порівняно з контрольним варіантом де добрива не вносилися. В середньому за два роки досліджень (2024-2025 рр.) за рахунок природної родючості сірого лісового легкосуглинкового ґрунту на контролі без добрив отримано найнижчий врожай зерна пшениці озимої на рівні 3,84 т/га (табл. 3.9).

Таблиця 3.9

**Вплив систем удобрення на урожайність пшениці озимої
на сірому лісовому ґрунті**

№ вар.	Рівень удобрення	Урожайність, т/га			Приріст до контролю	
		2024	2025	середнє за 2024-2025	т/га	%
1.	Без добрив (контроль)	3,76	3,91	3,84	—	—
2.	N ₆₀ P ₉₀ K ₉₀	5,64	5,97	5,81	1,97	51,3
3.	N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	6,23	6,90	6,57	2,73	71,1
4.	N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀	7,27	7,78	7,53	3,69	96,1
5.	N ₁₅₀ P ₉₀ K ₉₀	7,38	7,91	7,65	3,81	99,2

HIP_{0,05}

0,16

0,13

Застосування на сірому лісовому легкосуглинковому ґрунті найнижчої норми азотних добрив N₆₀ на досліджуваному фоні забезпечило отримання найменшої врожайності 5,81 т/га зерна пшениці озимої серед досліджуваних рівнів удобрення. Однак порівняно із контрольним варіантом урожайність була вищою на 1,97 т/га або 51,3%. Збільшення норми внесення азотних добрив до N₉₀ сприяло зростанню врожайності зерна пшениці озимої за два роки досліджень до 6,57 т/га і відповідно на 2,73 т/га більше ніж на контролі без добрив.

Високий врожай зерна пшениці озимої кожного досліджуваного року (у 2024 р. 7,27 т/га, 2025 – 7,78 т/га) та в середньому за два роки 7,65 т/га отримано при дробному внесенні норми азотних добрив N_{120} . Відносно контрольного варіанту приріст зерна пшениці озимої склав при цьому 3,69 т/га, або 96,1%.

Найвищий врожай зерна пшениці озимої на дослідних ділянках в середньому за 2 роки досліджень 7,65 т/га було отримано при застосуванні норми азотних добрив N_{150} у три прийоми на фосфорно-калійному фоні $P_{90}K_{90}$. За даної системи удобрення врожайність була також вищою кожного досліджуваного року і становила у 2024 році 7,38, а 2025 р. – 7,91 т/га.

Однак проведеними дослідженнями встановлено, що збільшення норми азотних добрив до N_{150} не дало дуже суттєвого приросту врожайності порівняно з нормою N_{120} на сірому легкосуглинковому ґрунті, оскільки після досягнення оптимального рівня забезпечення азотом реакція рослин на додаткові дози добрива різко зменшується. Іншими словами при внесенні норми N_{120} рослини пшениці озимої вже отримали майже достатню кількість азоту для формування максимально можливої врожайності за даних умов. Вища норма азотних добрив N_{150} спричинила також сильніше підкислення ґрунту (pH_{KCl} становило 5,44-5,48, гідролітична кислотність 3,16-3,20 мг-екв/100 г ґрунту), що негативно вплинуло на доступність поживних речовин і ріст кореневої системи. Через це навіть більша кількість азоту не забезпечила відповідного приросту врожайності зерна.

Додатковий азот за нормою N_{150} не був повністю використаний рослиною через фізіологічні обмеження та підкислення ґрунту

Таким чином у проведених наших дослідженнях на сірому лісовому ґрунті найбільш ефективною та близькою до оптимальної нормою для даних ґрунтово-кліматичних умов було внесення N_{120} на фосфорно-калійному фоні $P_{90}K_{90}$, а подальше збільшення норми до N_{150} не призвело до значного зростання врожайності але й погіршувало ґрунтові умови в першу чергу через поступове підкислення.

3.5 Вплив мінеральних добрив на якість зерна пшениці озимої

Основним критерієм оцінки пшениці на світовому ринку є якість зерна, адже кількість та харчова цінність рослинницької продукції є одними з факторів, що визначають здоров'я людини та тварин.

За умов зміни кліматичних умов одним із найактуальніших питань у виробництві пшениці озимої є покращення якості врожаю, нестача якого негативно впливає на продовольчу безпеку. Однак в останні роки виробництво зерна пшениці зросло в усьому світі, але його якість не суттєво покращилася, що може негативно вплинути на здоров'я людей і тварин [69].

Збереження якості зерна пшениці озимої в умовах зміни клімату має вирішальне значення для харчування людини, кінцевих функціональних властивостей та товарної цінності. Зростання екологічного навантаження на виробництво пшениці, пов'язане із кліматичними змінами, вплине як на врожайність, так і на якість продукції пшениці [52].

Для забезпечення виробництва зерна стабільної якості зміна клімату являє собою значну проблему в майбутньому через складну взаємодію атмосферного CO₂, зміни температури та характеру опадів з врожайністю та якістю.

Якість зерна пшениці озимої визначається низкою фізичних та композиційних властивостей, де порогові вимоги встановлюються відповідно до вимог кінцевого використання. Для основних зернових культур, таких як пшениця, фізичні властивості цільного зерна, такі як розмір і форма, впливають на вихід помелу та втрати при просіюванні, що визначають ефективність обробки та цінність зерна.

Проведені дослідження на сірому лісовому ґрунті показали, що досліджувані системи удобрення спричинили позитивний вплив на якісні показники зерна пшениці озимої сорту Артїст які змінювалися залежно від внесених норм добрив та отриманого врожаю (табл. 3.10).

Таблиця 3.10

Вплив удобрення на якість зерна пшениці озимої
на сірому лісовому легкосуглинковому ґрунті
(середнє за 2024-2025 рр.)

№ вар.	Рівень удобрення	Маса 1000 зерен, г	Натура зерна, г/л	Сира клейковина, %	Білок	
					вміст, %	вихід, ц/га
1.	Без добрив (контроль)	41,2	748	20,3	10,8	4,1
2.	N ₆₀ P ₉₀ K ₉₀	42,5	763	21,6	11,2	6,5
3.	N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	43,4	774	22,5	11,7	7,7
4.	N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀	44,7	786	24,8	12,8	9,6
5.	N ₁₅₀ P ₉₀ K ₉₀	44,9	790	24,3	12,5	9,5

Одними із основних фізичних показників якості зерна пшениці озимої які використовуються є маса 1000 зерен та натура. Дані фізичні показники залежать від особливостей сорту, однак змінюються залежно від динаміки забезпеченості рослин пшениці озимої поживними речовинами протягом всієї вегетації. Проведеними дослідженнями встановлено, що в середньому за два роки досліджень на контрольному варіанті без внесення мінеральних добрив внаслідок оптимальної реакції ґрунтового розчину (рН 5,77), сприятливого попередника (ріпака озимого) та середнього і підвищеного ступеня забезпечення основними елементами живлення сірого лісового ґрунту отримано зерно пшениці озимої відносно не дуже низької якості. Однак порівняно із удобреними варіантами отримано зерно із найменшою масою 1000 зерен та натурою відповідно 41,2 г та 748 г/л.

Внесення на фосфорно-калійному фоні найменшої дози азотних добрив N₆₀ збільшувало масу 1000 зерен до 42,5 г, а натуру до 763 г/л. При збільшенні норми азотних добрив до N₁₂₀ зростали також досліджувані

фізичні показники і маса 1000 зерен та натура були на 0,9 та 11,0 г більшими порівняно з попередньою системою удобрення.

Отримані результати досліджень показали, що в умовах дослідів найбільш крупне отримали зерно із найбільшою масою 1000 зерен 44,7 г та натурою 686 г/л при дробному внесенні азотних добрив нормою N_{120} . Застосування на сірому лісовому легкосуглинковому ґрунті вищою дози азотних добрив N_{150} спричинюючи підвищення кислотності ґрунту (pH_{KCl} становило 5,44-5,48, гідролітична кислотність 3,16-3,20 мг-екв/100 г ґрунту) внаслідок чого погіршувалося живлення пшениці на протязі вегетації і негативно вплинуло на якість зерна. За даної системи удобрення маса 1000 зерен 44,9 г та натурна маса 790 г/л, хоча і були найвищими, але незначно перевищували внесення меншої норми азотних добрив N_{120} (табл. 3.10).

Важливим показником якості зерна пшениці також є вміст білка, який визначає харчові та кінцеві властивості тіста, включаючи міцність тіста, час розвитку, розтяжність, розпад та об'єм буханця, всі з яких впливають на ефективність процесу хлібопечення та якість продукції. Концентрація білка в зерні пшениці озимої є важливим фактором, що визначає якість пшениці для харчування людини, який часто не беруть до уваги в зусиллях щодо поліпшення врожайності [30].

У більшості сортів пшениці озимої очевидна обернена залежність між врожайністю та вмістом білка в зерні. Тому неминучим наслідком підвищення врожайності, здається, є зниження концентрації білка в зерні, принаймні за постійного надходження азоту [39].

Проведеними дослідженнями встановлено, що досліджуванні системи удобрення в середньому за два роки досліджень сприяли збільшенню достовірному загального вмісту білка в зерні пшениці озимої і різниця залежно від системи удобрення складала 0,5-2,0% порівняно із контрольним варіантом де вміст загального білка був найменшим та становив відповідно 10,8%.

Дослідження показали, що найвищий вміст білка в зерні пшениці озимої 12,8% та згідно ДСТУ зерно II класу отримано у варіанті дробного внесення на фосфорно-калійному фоні норми азотних добрив N_{120} в три прийоми. За даної системи удобрення також було отримано найвищий збір білка 9,6 ц/га з 1 га, що було на 5,5 ц/га вище ніж на контрольному варіанті.

Застосування в умовах дослідів вищої норми азотних добрив N_{150} на аналогічному фоні сприяло отриманню також високого рівня білка 12,5%, однак його вміст був меншим порівняно з попереднім варіантом. Таким чином внесення підвищеної норми азотних добрив на сірих лісових ґрунтах підвищувало їх кислотність, а при низькому рН (нижче 5,5) різко зростає рухомість алюмінію (Al^{3+}), який пригнічує ріст коренів та марганцю (Mn^{2+}), що накопичується в рослинах, власне знижуючи якість зерна. Також слід зазначити, що за даної системи удобрення було отримано високий вихід 9,5 ц/га.

Застосування в умовах дослідів менших норм азотних добрив N_{60} та N_{90} на даному фосфорно-калійному фоні сприяло збільшенню рівня білка порівняно з контрольним варіантом відповідно до 11,3 і 11,7%, але було значно нижчим порівняно з із внесенням вищих норм азоту. Також при використанні даних систем удобрення збір білка був меншим і становив відповідно 6,5 і 7,7 ц/га. Внаслідок чого за даних систем удобрення було отримано зерно III класу.

Що стосується впливу різних систем удобрення на ще один важливий показник якості зерна пшениці озимої, який визначає напрям його використання є вміст клейковини яка має великий вплив на хлібопекарські властивості, то дослідження показали її зміну залежно від систем удобрення.

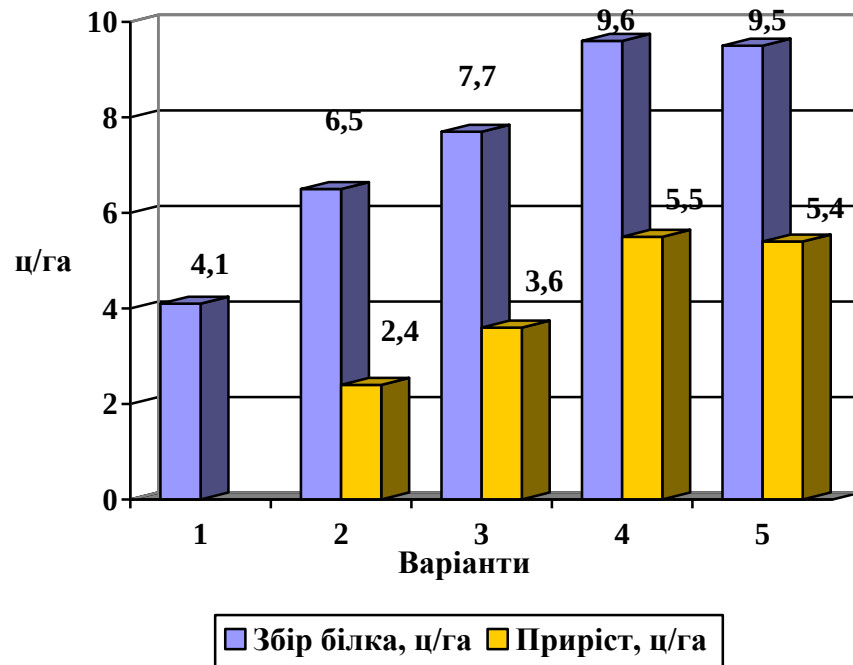


Рисунок 3.1 – Збір білка залежно від різного удобрення

В умовах проведеного дослідження кількість клейковини в зерні пшениці озимої найнижчою 20,3% була на контрольному варіанті на якому добрива не вносилися. З внесенням різних норм азотних мінеральних добрив на фосфорно-калійному фоні вміст клейковини зростав на 1,3-4,5%. Найвищий вміст клейковини 24,8% у зерні пшениці озимої в досліді отримали при внесенні у три прийоми норми азотних добрив N_{120} . Внесення більшої норми азотних добрив N_{150} , через підкислення сірого лісового ґрунту сприяла отриманню зерна пшениці з меншою кількістю клейковини 24,3, адже пшениця особливо чутлива до дефіциту азоту, який поглиблюється в умовах кислотності.

Таким чином на сірих лісових ґрунтах підвищена кислотність ґрунту негативно впливала на якість зерна пшениці озимої в першу чергу через погіршення живлення і послаблення рослини. Для уникнення цих наслідків традиційно застосовують вапнування ґрунтів і збалансоване внесення добрив.

3.6 Економічна ефективність вирощування пшениці озимої

Однією з ключових проблем, що потребують вирішення в сучасних умовах, є забезпечення стабільності та ефективності виробництва зерна як основи продовольчої безпеки країни. Вирощування пшениці озимої традиційно є основою продовольчого комплексу та провідним напрямом сільського господарства держави.

У сучасних умовах, коли для більшості сільськогосподарських товаровиробників використання науково обґрунтованих систем удобрення є одним із найбільш доступних факторів інтенсифікації зернового виробництва, виникає нагальна потреба в оцінці економічної ефективності вирощування пшениці озимої.

Економічна ефективність вирощування пшениці озимої визначається показниками собівартості та прибутку з одиниці продукції, рівнем рентабельності, величини яких здебільшого залежать від урожайності, якості та ціни на зерно. На час проведення досліджень та економічних розрахунків вартість 1 тонни зерна пшениці озимої II класу становила 8950, III класу 8800, IV класу – 8500 грн./т. За такої ціни зерна пшениці рівень рентабельності вирощування пшениці озимої в проведених наших дослідженнях становив 40,7-64,5% (табл. 3.11).

Дослідженнями встановлено, що всі досліджувані системи удобрення пшениці озимої забезпечили збільшення найважливіших економічних показників порівняно із контрольним варіантом де добрива не застосовували, внаслідок чого і було отримано найменший умовно чистий прибуток 9440 грн при рівні рентабельності 40,7%.

Враховуючи вартість валової продукції, яка отримана від продажу зерна II класу якості і затрати на вирощування максимальні в наших дослідженнях показники економічної ефективності було отримано при застосуванні мінеральної системи удобрення $N_{120} P_{90} K_{90}$. За даної системи удобрення було отримано найвищий умовно-чистий прибуток 26429 грн/га, рівень рентабельності 64,5% та сама низька собівартість 1 т зерна 5440 грн.

Таблиця 3.11

**Економічна ефективність вирощування пшениці озимої
залежно від удобрення**

№ вар.	Рівень удобрення	Врожай- ність зерна, т/га	Вартість валової продукції, грн./га	Вит- рати, грн./га	Собівар- тість зерна, грн/т	Умовно чистий прибу- ток грн./га	Рівень рентабе- льності, %
1.	Без добрив (контроль)	3,84	32640	23200	6042	9440	40,7
2.	N ₆₀ P ₉₀ K ₉₀	5,81	51128	35616	6130	15512	43,6
3.	N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	6,57	57816	38818	5908	18998	48,9
4.	N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀	7,53	67394	40965	5440	26429	64,5
5.	N ₁₅₀ P ₉₀ K ₉₀	7,65	68468	43768	5721	24700	56,4

Ціни станом на 2025 рік, вартість зерна пшениці озимої II класу – 8950, III класу 8800, IV класу – 8500 грн./т.

Проведені дослідження показали, що використання найвищої із досліджуваних систем удобрення пшениці озимої з внесенням N₁₅₀P₉₀K₉₀ хоча і сприяла отриманню максимальної врожайності зерна 7,65 т/га, але внаслідок більших витрат 43768 грн/га, в першу чергу на мінеральні добрива сприяла отриманню умовно чистого прибутку лише 24700 грн/га та рівня рентабельності 56,4%.

Оцінка економічної ефективності менш інтенсивних систем удобрення з внесенням на фосфорно-калійному фоні P₉₀K₉₀ нижчих норм азотних добрив N₆₀ і N₉₀ сприяли отриманню на сірому легкосуглинковому ґрунті менших врожаїв і зерна III класу. Внаслідок чого хоча і витрати на їх вирощування були нижчими відповідно 35616 і 38818 грн/га, але було отримано менший умовно-чистий прибуток 15512 і 18998 грн/га та рівень рентабельності 43,6 і 48,9%.

Таким чином, розрахунок економічної ефективності вирощування пшениці озимої на сірому лісовому легкосуглинковому ґрунті показав, що найбільш доцільним та економічно вигідним є підвищення рівня мінерального удобрення до $N_{120}P_{90}K_{90}$, при цьому одержано найвищий умовно-чистий прибуток та рівень рентабельності.

3.7 Енергетична ефективність вирощування пшениці озимої

В технології вирощування пшениці озимої значну питому вагу в складі антропогенної енергії, яка витрачається рослинами, належить добривам, особливо мінеральним азотним, оскільки їхнє виробництво є в першу чергу дуже енергомістке та затрачається багато енергії природного походження.

Основою енергетичної ефективності вирощування пшениці озимої є отримання максимального врожаю з одного гектара за найменших витрат енергії. Впровадження у виробництво нових більш продуктивних сортів пшениці озимої та використання найбільш науково обґрунтованих систем удобрення дозволить знизити енерговитрати на виробництво одиниці продукції і підвищить енергетичну ефективність її вирощування.

Проведені дослідження показали, що різний рівень мінерального удобрення пшениці озимої мав значний вплив на енергетичну ефективність її вирощування. За отриманими даними проведених наших енергетичних розрахунків загальні енерговитрати на 1 га вирощування пшениці озимої зростали в першу чергу за рахунок збільшення частки витрат на мінеральні добрива яка змінюється від 7089 до 14901 МДж енергії (табл. 3.12).

Проведені дослідження показали, що застосування під пшеницю озиму на сірих лісових легкосуглинкових ґрунтах мінеральної системи удобрення з внесенням на фосфорно-калійному фоні найвищої дози азотних добрив N_{150} було найбільш енергомістким і потребувало 33761 Мдж/га енергетичних витрат через достатньо велику енергоємність добрив 14901 МДж. Внаслідок чого за даної системи удобрення, не дивлячись на отримання найвищого

показника енергоємності врожаю 125843 МДж, було отримано приріст енергії лише 92082 МДж і коефіцієнт енергетичної ефективності (K_{ee}), який власне є основним критерієм енергетичної ефективності вирощування сільськогосподарських культур і показує відношення енергоємності врожаю до енергетичних витрат на його отримання, був не високим 3,73.

Таблиця 3.12

**Енергетична оцінка вирощування пшениці озимої
залежно від удобрення**

№ вар.	Рівень удобрення	Енергоє- мність добрих, МДж	Всього енергети- чних витрат, МДж	Енерго- ємність урожаю, МДж	Приріст енергії, МДж	Коефіцієнт енерге- тичної ефектив- ності (K_{ee})
1.	Без добрив (контроль)	-	18860	63168	44308	3,35
2.	N ₆₀ P ₉₀ K ₉₀	7089	25949	95575	69626	3,68
3.	N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	9693	28553	108077	79524	3,79
4.	N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀	12297	31157	123869	92712	3,98
5.	N ₁₅₀ P ₉₀ K ₉₀	14901	33761	125843	92082	3,73

Дослідженнями встановлено, що серед досліджуваних систем найбільш енергетично ефективною було внесенням під пшеницю озиму на фосфорно-калійному фоні азотних добрив нормі N₁₂₀, при цьому були найбільш оптимальні енерговитрати 31157 МДж, які при меншій енергоємності урожаю 123869 МДж, забезпечили отримання найвищого приросту енергії 92712 МДж та коефіцієнта енергетичної ефективності 3,98 порівняно із контролем без добрив та іншими досліджуваними варіантами.

Застосування в умовах дослідів менш інтенсивних систем удобрення з внесенням на фосфорно-калійному фоні під пшеницю озиму N_{60} і N_{90} потребувало менше енергетичних витрат відповідно 25949 і 28553 МДж, однак внаслідок отримання нижчого врожаю мало не велику енергоємність урожаю 95575 і 69626 МДж. Внаслідок чого забезпечило отримані менші прирости енергії порівняно із системами удобрення попередніми на рівні 69626 і 79524 МДж. При цьому, також слід вказати коефіцієнти енергетичної ефективності були нижчими і становили відповідно 3,35 і 3,68.

Дослідження показали, що в умовах дослідів найнижчі показники енергетичної ефективності були отримані на контрольному варіанті де взагалі не застосовували добрива. Однак, у ньому через найнижчі енерговитрати 18860 МДж та не поганий врожай пшениці (3,84 т/га) приріст енергії складав 44308 МДж, а коефіцієнт енергетичної ефективності становив 3,35 (табл. 3.12).

Таким чином, застосування на сірому лісовому легкосуглинковому ґрунті під пшеницю озиму на фосфорно-калійному фоні азотних мінеральних добрив в нормі N_{120} сприяло отриманню найвищих енергетичних показників приросту енергії та коефіцієнта енергетичної ефективності.

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРИРОДНОГО НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Охорона навколишнього природного середовища, екологічна норма, збереження природних ресурсів для нащадків – ця проблема набула великої актуальності, проте щоб успішно охороняти наші землі, водойми і атмосферу від забруднення, потрібно розуміти їх цінність і змінити своє ставлення до них і того що вони нам дають, а ми байдужо, необдуманно використовуємо а часто знищуємо це багатство, яке пізніше не зможемо повернути, відтворити. Проблема охорони природного середовища вже переросла рамки біологічної проблеми і набула багатогранного характеру: соціально-економічного, гігієнічного, техніко-технологічного, філософського та інших.

Кризовий стан навколишнього середовища в сільськогосподарських ландшафтах породжений багатьма об'єктивними і суб'єктивними причинами. Одна з них – відсутність науково-обґрунтованої системи охорони навколишнього природного середовища в сільському господарстві. В кращому випадку в господарстві є план природоохоронних заходів, які складаються скоріше всього з випадкових і мало пов'язаних між собою заходів.

Саме тому, розробка системи охорони навколишнього природного середовища повинна базуватися на основі науково обґрунтованої концепції, яка включає в себе характеристику об'єкта (в даному випадку – сільськогосподарське виробництво), оцінку впливу на навколишнє середовище, прогноз її зміни і систему заходів по попередженню негативних змін.

4.1 Охорона землі

Головним засобом виробництва в сільському господарстві є земля. Виняткова роль землі як головного засобу виробництва в сільському

господарстві зумовлена рядом особливостей, які істотно відрізняють її від інших засобів. В нашому господарстві приділяють увагу охороні земель. Рельєф місцевості в господарстві різноманітний, є деякі поля, які мають схил до 6 – 8 градусів, що сприяє розвитку ерозійних процесів. Для послаблення ерозії ґрунтів застосовують заходи, які сприяють затриманню води на схилах. Ефективним заходом є оранка впоперек схилу і залуження еродованих земель.

Землі належить особливе місце серед матеріальних факторів, потрібних для життя людини. Вона є природною і незамінною основою будь якого виробництва, з нею нерозривно пов'язаний розвиток людського суспільства. Без землі неможливе ніяке виробництво, неможливе й саме існування людини. Характеризуючи значення землі в суспільному виробництві можна сказати, що земля – це велика лабораторія, арсенал, який дає і засіб праці, і матеріал праці, і місце для проживання, тобто базис колективу [73].

У сільському господарстві земля є не лише матеріальною основою цієї галузі. Планомірне і раціональне використання її має важливе значення в економіці суспільства, в розвитку продуктивних сил. Саме тут земля виступає активним учасником виробництва, виконуючи ще дві функції: під час обробітку та інших заходів, спрямованих на її поліпшення (удобрення, зрошення, осушення тощо), земля є предметом праці, на який людина діє в процесі виробництва, і знаряддям праці, за допомогою якого людина діє на вирощуванні культури.

4.2 Охорона водних ресурсів

Дуже цінним природнім багатством на землі є вода. Роль води в житті усього живого на землі досить багатогранна, а особливо у житті людини. Вона входить до складу організму людини і рослин. З її допомогою люди харчуються, а рослини дістають з ґрунту поживні речовини. Вода бере безпосередню участь у синтезі органічних сполук, захищає рослинний

організм від перегрівання. З її участю в рослині відбувається і ряд інших життєво важливих процесів.

Одним з першочергових завдань санітарного нагляду є охорона джерел водопостачання від забруднення. Поступове накопичення у воді малотоксичних отрутохімікатів може послужити причиною хронічних отруєнь і захворювань. Діють міждержавні стандарти, які визначають основні напрямки охорони водних ресурсів від забруднення мінеральними добривами і пестицидами. Згідно них, при здійсненні господарської діяльності необхідно не допускати забруднення поверхневих і підземних вод забруднювачами [15].

Внесення добрив і пестицидів проводяться лише за планом, їхнє використання реєструється в журналі, вказується кількість фактично внесених добрив і пестицидів, розмір обробленої території, способи і строки внесення.

Не допускається внесення пестицидів при швидкості руху агрегату більше 5 м/с. Місце зберігання добрив і хімічних речовин необхідно оберігати від затоплень, щоб шкідливі речовини не потрапили у поверхневі і підземні води. Їх слід зберігати у водонепроникних сховищах.

Миття тари, машин і обладнання забруднених пестицидами слід проводити на спеціальних майданчиках. Стічні води, які залишаються після миття, очищають [47].

Великої шкоди завдає забруднення річок і водоймищ гноївкою. Це спричиняється тим, що сечозбірник переповнений, його ніхто не очищає і в період дощів гноївка, разом з дощовими водами, стікає в озера і в водоймища. Про збереження чистоти озер, річок і ставків повинні дбати люди. Тільки таким чином ми можемо зберегти чистоту водойм, зберегти ці озера і ставки для наступних поколінь.

4.3 Охорона повітря

Одним із основних життєво важливих елементів навколишнього середовища, його життєдайним джерелом є повітря атмосфери. Атмосферне повітря відноситься до категорії невичерпних ресурсів, але інтенсивний розвиток промисловості, сільського господарства, міст і збільшення кількості транспортних засобів посилюють негативний антропогенний вплив на атмосферу, тому проблема охорони повітря стає все більше актуальною і глобальною.

При охороні атмосферного повітря важливим є систематичний контроль за його станом та виявлення джерел його забруднення. Охорона атмосферного повітря в господарстві і в країні в цілому ще не поставлена на належний рівень. Так, тваринницькі ферми побудовані недалеко від житлових будинків. При нагромадженні великої кількості гною і недотримані умов його зберігання виникає небезпека утворення газоподібних органічних сполук азоту. Крім аміаку, летких азотовмісних речовин із гною виділяється і вільний сірководень. Також можна спостерігати серйозні порушення при зберіганні і внесенні аміачної води і безводного аміаку. У вихлопних газах автомобілів і тракторів спостерігається підвищений вміст окису вуглецю, що перевищує гранично допустимі концентрації.

4.4 Охорона флори і фауни

Однією з найбільш важливих складових частин біосфери, що виконує основну біохімічну і енергетичну роль є рослинний світ. Зелені рослини, трансформуючи сонячну енергію і утворюючи органічні сполуки з неорганічних й виділяючи кисень, мають космічне значення.

Рослини – найважливіший фактор ґрунтоутворення. Рослинність захищає ґрунти від водної і вітрової ерозії. Поглинаючи значну кількість вуглекислого газу, рослини значною мірою регулюють газовий склад атмосфери. Тобто, рослини виконують надзвичайно важливу роль у біосфері.

Рослинний світ є біоенергетичною основою існування і розвитку всіх форм органічного життя. Фотосинтезуючі рослини – це початок усіх зв'язків живлення у біосфері.

Важливим біотичним чинником впливу на екологічні системи довкілля є також тваринний світ. Сільськогосподарська діяльність впливає на тваринний світ, змінює місце їх поширення. Інтенсивне розорювання, осушення або обводнення, застосування мінеральних добрив та отрутохімікатів витісняє тварин з певного ареалу поширення. В господарстві з метою збереження і примноження корисної флори і фауни здійснюють ряд заходів.

У боротьбі з шкідниками, хворобами та бур'янами замість хімічних методів набувають все більшого значення біологічні та агротехнічні методи, які є простими, дешевими, ефективними та екологічно безпечними. Це правильне чергування культур у сівозміні, насичення сівозміни на 40-60% проміжними посівами, правильний (диференційований) обробіток ґрунту в сівозміні тощо.

Якщо проводять обприскування посівів інсектицидами, то завчасно попереджують про це в навколишніх населених пунктах, щоб завдати якнайменшої шкоди бджільництву.

На посівах ячменю ярого зовсім не використовуються засоби хімічного захисту ні від шкідників та хвороб (за винятком протруювання насіння та від бур'янів). Тобто, є можливість одержання справді екологічно чистої, дієтичної продукції.

Тематика наших досліджень з погляду екологічної експертизи є абсолютно безпечною. Норми висіву ячменю ярого є тим джерелом збільшення врожайності, яке не завдає абсолютно ніякої шкоди природному середовищу. Дози добрив, що вносяться в досліді, є помірними. А строки їх застосування сприяють ефективному їх засвоєнню рослинами, що зменшує загрозу забруднення довкілля.

РОЗДІЛ 5

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАСЕЛЕННЯ

5.1 Аналіз стану охорони праці та цивільної оборони в господарстві

В Україні основні положення з охорони праці встановлені й регламентуються Конституцією України, Кодексом законів про працю, Законом “Про охорону праці”, а також розробленими на їх основі і відповідно до них нормативно-правовими актами.

Охорона праці – це система законодавчих актів, соціально-економічних, організаційних, технічних, гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів і засобів, спрямованих на створення безпечних умов, збереження здоров'я і працездатності людини в процесі праці.

Інтенсивне впровадження в господарстві нової техніки і подальша механізація й автоматизація сільськогосподарського виробництва ставлять підвищені вимоги до дотримання техніки безпеки, правильної організації та профілактичної роботи з охорони праці.

Управління охороною праці – це підготовка, прийняття і реалізація рішень з здійснення організаційних, технічних, санітарно-гігієнічних, профілактичних і інших заходів для забезпечення безпечності, збереження здоров'я і працездатності людини в процесі праці. Управління охороною праці входить складовою частиною в загальну систему управління підприємством. Його здійснює керівник підприємства (головний інженер), а також керівники структурних підрозділів.

В господарстві питання охорони праці поставлені на досить високому рівні. Тут регулярно перевіряється посадовими особами стан охорони праці, вимагається дотримання всіма працівниками діючих стандартів ССБП, норм і правил, інструкцій з охорони праці; впроваджуються прогресивні технології вирощування сільськогосподарських культур, які забезпечують заміну монотонної ручної праці механізованою і автоматизованою, проводиться навчання робітників і службовців безпечним заходам праці; своєчасно і

якісно проводиться інструктаж з охорони праці; забезпечується проведення атестації і паспортизації санітарно-технічного стану робочих місць; своєчасно підписується колективний договір і угоди з охорони праці [13].

Однак в господарстві є ще ряд недоліків з питань охорони праці. До таких недоліків слід віднести нестачу засобів індивідуального захисту працівників. Немає в господарстві і кабінету охорони праці, а є лише оформлений стенд в якому розміщена інформація, інструкції і розпорядження з охорони праці. Досить часто працівники які зайняті на роботах з хімічного захисту рослин не забезпечені спецхарчуванням. Про те слід зазначити, що з такими працівниками регулярно проводиться спеціальне навчання а також регулярно проводиться їх медогляд.

В господарстві створений спеціальний фонд з охорони праці. Працівники не несуть ніяких витрат на ці заходи. В господарстві кошти вказаного фонду використовуються тільки на виконання заходів, що забезпечують доведення умов і безпеки праці до нормативних вимог або підвищення існуючого рівня охорони праці в господарстві.

Аналізуючи умови праці і побуту працівників господарства слід відмітити, що керівництво прикладає максимум зусиль для створення хороших умов праці.

5.2 Покращення техніки безпеки, гігієни праці і пожежної безпеки при вирощуванні пшениці озимої

Вирощування пшениці озимої супроводжується використанням сільськогосподарської техніки, агрохімікатів, зерносховищ та сушильного обладнання, що створює потенційні ризики для здоров'я працівників і пожежної безпеки. Тому вдосконалення системи охорони праці, виробничої гігієни та пожежної безпеки є важливою умовою сталого та безпечного виробництва. При виконанні робіт пов'язаних із вирощуванням пшениці озимої необхідно дотримуватися вимог техніки безпеки.

Використання в сільськогосподарському виробництві тракторів, сільськогосподарських машин, пестицидів, мінеральних і органічних добрив підвищує не тільки продуктивність, але і значно полегшує працю людини. Та невміле користування технікою, незнання і недотримання вимог техніки безпеки і охорони праці призводить до виробничих травм і професійних захворювань.

До роботи на сільськогосподарських машинах допускаються особи, які знають обладнання машин й техніку безпеки. Керівником господарства затверджується маршрут руху агрегату на поле. До початку проведення культивуації поля перевіряють кріплення частин культиватора. Для роботи групи машин призначають старшого з найбільш досвідчених трактористів, який відповідає за роботу агрегатів у загінці, стежить, щоб відстань між тракторами була в межах 30-40 м.

Перед сівбою пшениці озимої необхідно перевірити комплектність і надійність кріплення всіх механізмів і вузлів посівних машин, змастити тертьові поверхні, переконатись у наявності захисних огорожень та відсутності сторонніх предметів в зернотукових ящиках, бункерах, живильних ковшах.

Не дозволяється робити крутих поворотів, якщо робочі органи заглиблені в ґрунт, бо це може призводити до поломок і аварій. Перед поворотом робочі органи виглиблюються, а на початку прямолінійного руху знову повертаються в робоче положення. При роботі на машинах забороняється: знаходитись між трактором і знаряддям, сідати на машину і сходити з трактора під час руху агрегату, регулювати і змащувати знаряддя на ходу.

Перед початком руху агрегату тракторист повинен дати сигнал, щоб люди, які знаходяться близько, відійшли від машини; посівний агрегат дозволяється пускати в роботу тільки після сигналу сівача, який свідчить про, що щільно зачинені і закріплені гачками кришки насінних і тукових балок. Забороняється під час руху заправляти сівалку насінням і добривами.

Маркер в робоче або транспортне положення треба встановлювати тільки після повної зупинки агрегату. При цьому робітник повинен знаходитися ззаду маркера.

Забороняється під час руху агрегату переходити з однієї сівалки на іншу. Тракторний агрегат можна круто повертати тільки на малій швидкості. Перед початком руху агрегату тракторист повинен дати сигнал, щоб люди, які знаходяться близько, відійшли від машини; посівний агрегат дозволяється пускати в роботу тільки після сигналу сівача, який свідчить про, що щільно зачинені і закріплені гачками кришки насінних і тукових балок. Забороняється під час руху заправляти сівалку насінням і добривами. Маркер в робоче або транспортне положення треба встановлювати тільки після повної зупинки агрегату.

При заточуванні робочих органів а також в умовах надмірної запиленості користуються захисними окулярами. Вносити отрутохімікати, гербіциди забороняється людям, які не пройшли інструктажу з правил їх застосування, транспортування, зберігання та обслуговування машин.

Проводити технічне обслуговування апаратури відкривати нагнітальні клапани, очищати наконечники можна тільки після зняття тиску в системі. Категорично забороняється працювати на обприскуванні без засобів індивідуального захисту. Забороняється курити й приймати їжу, можна тільки в спеціально відведеному місці - не ближче 100м від місця роботи.

Навіть на короткий час не можна залишати без догляду отрутохімікати, тару й апаратуру з під них. Перед початком збиральних робіт одержавши інструктаж з техніки безпеки і розписавшись в журналі його реєстрації, комбайнер повинен ознайомитись з маршрутом руху, вивчити рельєф поля, відмітити місця поворотів. Перед рушенням з місця подається звуковий сигнал. Не дозволяється керувати комбайном стороннім особам не закріпленим за даним комбайном наказом по господарству. Якщо необхідно в польових умовах усунути несправність, то після зупинки комбайна на рівній ділянці поля треба вимкнути двигун, а на рульовому колесі вивісити

табличку «Не включати! Працюють люди» . Не дозволяється виходити з кабіни під час руху та залишати комбайн з працюючим двигуном.

Під час вивантажування зерна неможна перебувати на кузові транспортного засобу, розрівнювати зерно, стояти під вивантажувальним шнеком, переходити з комбайна в кузов і навпаки. При скиртуванні соломи колеса стогокладів встановлюють на максимальну ширину, це підвищує їх поперечну стійкість. Під час руху не дозволяється піднімати навантажені соломою вила вище 1,5 м від поверхні землі. Робота стогокладів допускається на схилах крутизною не більше 3-6.

Система протипожежного захисту – це сукупність організаційних заходів і технічних засобів, спрямованих на запобігання дії на людей небезпечних факторів пожежі і обмеження збитку від неї. Оскільки мінеральні добрива можуть створювати пожежовибухову небезпеку, склад де вони зберігаються, обладнують технічними засобами, стелажми, піддонами, а щитами розділяють на окремі відсіки. Через вибухопожежні властивості розміщують окремо сухі мінеральні (крім селітри) і зріджені добрива, селітри. Добрива в мішках укладають стосами на спеціальних щитах. Не дозволяється зберігати добрива біля опалювальних приладів і печей ближче 2 м.

Склади мінеральних добрив обладнують первинними засобами пожежогасіння. Склади розміщують відповідно існуючих правил і санітарних норм та обладнують необхідними пристроями, засобами захисту і пожежогасіння. При роботі на машинах забороняється: знаходитись між трактором і знаряддям, сідати на машину і сходити з трактора під час руху агрегату, регулювати і змащувати знаряддя на ходу. Працювати з навісними машинами забороняється при наявності людей в зоні розвороту трактора і навісної машини. Робітники на ґрунтообробних машинах повинні працювати в рукавицях і захисних окулярах.

5.3. Захист населення від надзвичайних ситуацій

Як відомо, що по відношенню до населення одним із найважливіших завдань держави є його захист у випадку загрози виникнення надзвичайних ситуацій. За умови надзвичайної ситуації в окремому регіоні чи державі в цілому захист населення є системою загальнодержавних заходів, які реалізуються центральними і місцевими органами виконавчої влади, виконавчими органами рад, органами управління з питань надзвичайних ситуацій та цивільного захисту, підпорядкованими їм силами та засобами підприємств, установ, організацій незалежно від форм власності, добровільними формуваннями, що забезпечують виконання організаційних, інженерно-технічних, санітарно-гігієнічних, протиепідемічних та інших заходів у сфері запобігання та ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій.

Під час надзвичайних ситуацій основним завданням захисту населення є:

- забезпечення готовності органів управління, сил і засобів для дій, призначених для запобігання виникненню надзвичайних ситуацій;
- розроблення та забезпечення заходів щодо запобігання виникненню надзвичайних ситуацій;
- повідомлення населення про загрозу та виникнення надзвичайних ситуацій;
- організація захисту населення та надання безкоштовної медичної допомоги;
- проведення рятувальних та інших невідкладних робіт щодо ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій та організація життєзабезпечення населення, що зазнало впливу надзвичайних ситуацій;
- навчання та тренування населення способів захисту в разі виникнення надзвичайних ситуацій.

Під час надзвичайних ситуацій загрози життєво важливим інтересам населення, довкілля чи суспільству в цілому поділяються на зовнішні та внутрішні, що виникають внаслідок техногенних екологічних катастроф, природних катаклізмів чи воєнних конфліктів.

На території господарства немає об'єктів, які можуть призвести до екологічних катастроф техногенного характеру. Проте за умови порушення правил експлуатації до потенційно-небезпечних об'єктів можна віднести склад отрутохімікатів, заправочну станцію автотракторного парку, газову магістраль.

Через територію господарства не протікає річка, яка б створювала загрозу катастрофічної повені. Територія господарства не належить також до сейсмічно активної зони, тобто немає загрози землетрусів. Проте погодні умови в окремі роки створюють небезпечні ситуації: сильні грози з градом катастрофічних розмірів, шквальні вітри, обледеніння ліній електропередач.

З метою захисту населення від надзвичайних ситуацій, що можуть скластися, як природного, так і техногенного характеру, слід проводити із населенням інструктажі щодо поведінки їх у тій чи іншій ситуації, де можна отримати допомогу. У випадку насування несприятливих атмосферних фронтів слід повідомити про це населення і порадити, як поводитись у можливій критичній ситуації.

В господарстві питання охорони праці поставлені на досить високому рівні. Однак в цьому напрямку є також і ряд недоліків. Для їх усунення необхідно реалізувати наступні заходи: забезпечити працівників засобами індивідуального захисту в повній мірі; працівників, зайнятих на шкідливому виробництві забезпечити, спецхарчуванням; забезпечувати працівників спецодягом, захисними окулярами та рукавицями; впроваджувати у виробництво прогресивні технології вирощування сільськогосподарських культур, які б звели до мінімуму ручну одноманітну працю.

Запропоновані заходи дозволили б покращити умови безпечної праці при вирощуванні пшениці озимої.

ВИСНОВКИ

На основі отриманих результатів проведених досліджень з пшеницею озимою сортом Артїст в ТОВ «АГРОСЕПЛАЙ» Луцького району Волинської області на сірому лісовому легкосуглинковому ґрунті можна зробити наступні висновки:

1. Застосування мінеральної системи удобрення з внесенням підвищеної норми азотних добрив N_{150} на фосфорно-калійному фоні ($P_{90}K_{90}$) під пшеницю озиму призвело до поступового підкислення сірого лісового ґрунту та слабокислої реакції на протязі всієї вегетації культури, при цьому $pH_{\text{сольове}}$ знизилося до 5,44-5,48 одиниць, а гідролітична кислотність зроста до 3,16-3,20 мг-екв/100 г ґрунту.
2. Внесення під пшеницю озиму мінеральних добрив в нормі $N_{120}P_{90}K_{90}$ на протязі вегетації пшениці озимої сприяли незначному зниженню показника $pH_{\text{КСІ}}$ 5,55-5,60 та підвищенню гідролітичної кислотності до 3,00-3,04 мг-екв/100 г ґрунту порівняно з контрольним варіантом, однак ступінь кислотності залишається близьким до нейтральної.
3. Під час вегетації пшениці озимої в сірому лісовому легкосуглинковому ґрунті відбувається зменшення суми увібраних основ, внаслідок засвоєння рослинами обмінних катіонів кальцію та магнію і доступності їх залежно від кислотності ґрунту.
4. Досліджувані системи удобрення збільшували порівняно із варіантом без внесення добрив (контролем) вміст нітратного азоту в сірому лісовому ґрунті під пшеницею озимою. Різниця із контролем складала у фазу весняного кущення 5,3-13,5 мг/кг, у фазу виходу в трубку 2,9-10,0 мг/кг, повної стиглості зерна – 5,8-9,7 мг/кг ґрунту.
5. Максимальний вміст амонійного азоту під пшеницею озимою 38,2-27,2-19,5 мг/кг на протязі вегетації в орному шарі сірого лісового ґрунту забезпечило внесення в три етапи підвищеної норми азотних добрив N_{150} . Найвищий вміст сполук амонійного азоту був характерний для весняного періоду на всіх удобрених варіантах порівняно з

- контрольним варіантом, однак на протязі вегетації пшениці озимої рівень амонійного азоту зменшувався внаслідок процесів нітрифікації та поступового засвоювання рослинами.
6. На протязі вегетації пшениці озимої рівень доступного фосфору був вищим в орному шарі сірого лісового ґрунту, що пояснюється безпосереднім закріпленням його там де був внесений і не здатний мігрувати значно в нижчі горизонти.
 7. Чіткої залежності від досліджуваних систем удобрення на вміст обмінного калію у сірому лісовому ґрунті не встановлено, однак, вміст калію в цілому на варіантах удобрюваних був більшим за контрольний варіант де добрива не застосовувалися.
 8. Найвищий врожай зерна пшениці озимої на сірому легкосуглинковому ґрунті в середньому за 2 роки досліджень 7,65 т/га було отримано при застосуванні на фосфорно-калійному фоні $P_{90}K_{90}$ норми азотних добрив N_{150} у три прийоми. Однак, збільшення норми азотних добрив не дало дуже суттєвого приросту врожайності порівняно з нормою N_{120} , оскільки після досягнення оптимального рівня забезпечення азотом реакція рослин на додаткові дози добрива різко зменшується.
 9. Найвищий вміст білка 12,8%, сирої клейковини 24,8% в зерні пшениці озимої та в цілому зерно II класу отримано у варіанті внесення на фосфорно-калійному фоні норми азотних добрив N_{120} в три прийоми. За даної системи удобрення також було отримано найвищий збір білка 9,6 ц/га з 1 га, що було на 5,5 ц/га вище ніж на контрольному варіанті.
 10. Аналіз економічної та енергетичної ефективності вирощування пшениці озимої на сірому лісовому легкосуглинковому ґрунті показав, що найбільш доцільним та економічно та енергетично вигідним є підвищення рівня мінерального удобрення до $N_{120}P_{90}K_{90}$, при цьому одержано найвищий умовно-чистий прибуток 26429 грн/га, рівень рентабельності 64,5% та коефіцієнт енергетичної ефективності 3,98.

ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

На основі досліджень фізико-хімічних та агрохімічних показників сірого лісового легкосуглинкового ґрунту виробництву рекомендується застосовувати в зоні Лісостепу Західного найбільш ефективну систему удобрення пшениці озимої з внесенням на фосфорно-калійному фоні ($P_{90}K_{90}$) азотних добрив нормою N_{120} , яка забезпечує стабільну врожайність, підвищення якісних показників зерна, сприяє раціональному використанню елементів живлення та мінімізує підкислення ґрунту.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Агрохімічний аналіз. Городній М. М., Бикін А. В. та ін. За ред. Городнього М. М. К. : Арістей, 2007. 624 с.
2. Борис Н. Є., Красюк Л. М. Поживний режим сірого лісового ґрунту за різного антропогенного навантаження. Агробіологія. 2020. 2. С. 16-26. 10.33245/2310-9270-2020-161-2-16-26
3. Волкогон В. В. Мікробіологічна трансформація сполук азоту в ґрунтах агроценозів : монографія. Ніжин : ПП Лисенко М.М., 2017. 192 с.
4. Гамаюнова В. В., Хоненко Л. Г., Бакланова Т. В., Коваленко О.А., Пилипенко Т. В. Сучасні підходи до застосування мінеральних добрив за збереження ґрунтової родючості в умовах зміни клімату. *Наукові горизонти*. 2020. № 2 (87). С. 89–101.
5. Господаренко Г. М. Агрохімія калію. Київ : ТОВ «ТРОПЕА», 2021. 264 с.
6. Господаренко Г. М. Система застосування добрив. К. : ТОВ «СІК ГРУП УКРАЇНА», 2018. 376 с.
7. Ґрунтові ресурси Волинської області: стан, резерви продуктивної здатності (аналітична записка). С.А. Балюк, Р.С. Трускавецький, М.М. Мірошниченко, В.А. Гаврилюк, М.І. Зінчук, В.Б. Соловей, А.В. Кучер, Г.Ф. Момот, Р.В. Акімова. Харків: «Стиль-Іздат», 2018. 58 с.
8. Дегодюк С. Е., Мулярчук А. О., Літвінова О. А., Яремко О. М. Зміна агрохімічних властивостей сірого лісового ґрунту за різних систем удобрення. 2025. №7 (868). С. 6-16.
9. Демиденко О. В., Шаповал І. С., Бойко П. І., Величко В. А. Обіг азоту в різноротаційних сівозмінах Лівобережного Лісостепу. *Вісник аграрної науки*. 2018. 7. 59-67.
10. Єщенко В. О., Копитко П. Г., Опришко В. П., Костоґриз П. В. Основи наукових досліджень в агрономії. К. : Дія, 2005. 288 с.
11. Землеробство ХХІ століття – проблеми та шляхи вирішення. В.Ф. Камінський, Я. М. Гадзало, В.Ф. Сайко, М.С. Корнійчук; за ред.. В.Ф.

- Камінського . К.: В П «Едельвейс», 2015. 272 с.
- 12.Іваніна В. В., Коротенко І. М. Вплив азотних добрив і попередників на продуктивність пшениці озимої. Зернові культури. Том 6. № 2. 2022. С. 100–105.
 - 13.Кліпакова Ю. О., Білоусова З. В., Кенєва В. А., Коротка І. О. Вплив системи живлення на урожайність та якість зерна пшениці озимої. Аграрні інновації. 2021. 8. С. 41-46.
 - 14.Лихочвор В. В. Мінеральні добрива та їх застосування. Львів: НВФ «Українські технології», 2008. 312 с.
 - 15.Лихочвор В. В., Проць Р.Р. Озима пшениця. Львів : Українські технології, 2006. 216 с.
 - 16.Лихочвор В.В., Петриченко В.Ф. Фізіологічна роль елементів живлення та системи удобрення польових культур. Львів : Растр-7, 2021. 288 с.
 - 17.Мазур В. А., Ткачук О. П., Яковець Л. А. Нітрати: зниження забруднення зернової і зернобобової продукції: монографія. Вінниця: ТОВ «Друк», 2022. 168 с.
 - 18.Медведовський О. К., Іваненко П. І. Енергетичний аналіз інтенсивних технологій в сільськогосподарському виробництві. К.: Урожай, 1988. 208 с.
 - 19.Методи визначення показників якості продукції рослинництва. Міністерство аграрної політики та продовольства України. Український інститут експертизи сортів рослин. К. 2016. Режим доступу. <https://sops.gov.ua/uploads/page/5a5f41997447d.pdf>
 - 20.Методика визначення економічної ефективності застосування добрив. К.: Урожай, 1966. 14 с.
 - 21.Наукове забезпечення сталого розвитку сільського господарства в Лісостепу України. К. : Алефа, 2003. 886 с.
 22. Носко Б.С. Фосфор у ґрунтах і землеробстві України. Харків: ФОП Бровін О.В., 2017. 476 с.
 23. Петриченко В.Ф., Лихочвор В.В. Рослинництво. Нові технології

- вирощування польових культур: підручник. Львів: НВФ «Українські технології», 2021. 808 с.
24. Пшениця озима: ресурсний потенціал та технологія вирощування : монографія / В. В. Гамаюнова, М. М. Корхова, А. В. Панфілова та ін. – Миколаїв : МНАУ, 2021. 300 с.
 25. Сонька С. П., Максименко Н. В. Екологічні основи збалансованого природокористування в агросфері : навчальний посібник. Х. : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2015. 572 с.
 26. Сучасні системи землеробства і технології вирощування сільськогосподарських культур. За ред. В.Ф. Камінського. К. : ВП «Едельвейс», 2012. 196 с.
 27. Тараріко Ю. В. Формування сталих агроєкосистем: теорія та практика. К. : Аграрна наука, 2005. 508 с.
 28. Томашівський З. М., Коник Г. С., Качмар О. Й., Оліфір Ю. М. Підвищення родючості кислих ґрунтів. Монографія. Львів : СПОЛОМ, 2021. 220 с.
 29. Шевчук М. Й., Зінчук П. Й., Колошко Л. К. Ґрунти Волинської області. Луцьк : РВВ «Вежа», 1999. 162 с.
 30. Asseng S., Martre P., Maiorano A., Rötter R.P., O’Leary G.J., Fitzgerald G., Girousse C., Motzo R., Giunta F., Babar M.A. Climate change impact and adaptation for wheat protein. *Global Change Biology*. 2019. 25. 155–173.
 31. Chen X. X., Zhang W., Liang X. Y., Liu Y. M., Xu S. J., Zhao Q. Y., Du Y. F., Zhang L., Chen X. P., Zou C.Q. Physiological and developmental traits associated with the grain yield of winter wheat as affected by phosphorus fertilizer management. *Sci. Rep.* 2019. 9. 16580.
 32. Curtis T., Halford N.G. Food security: The challenge of increasing wheat yield and the importance of not compromising food safety. *Annals of Applied Biology*. 2014. 164. 354–372.
 33. Dimkpa C. O., Fugice J., Singh U., Lewis T. D. Development of fertilizers for enhanced nitrogen use efficiency – Trends and perspectives. *Science of The*

- Total Environment. 2020. 731. 139113.
- 34.Duan J., Shao Y., He L., Li X., Hou G., Li S., Feng W., Zhu Y., Wang Y., Xie Y. Optimizing nitrogen management to achieve high yield, high nitrogen efficiency and low nitrogen emission in winter wheat. *Science of the Total Environment*. 2019. 697. 134088.
 - 35.Fageria N., Filho M., Moreira A., Guimarães C. Foliar Fertilization of Crop Plants. *Journal of Plant Nutrition*. 2009. 32. 1044–1064.
 - 36.Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). *World Food and Agriculture. Statistical Pocketbook 2019*. FAO: Rome. Italy. 2019. ISBN 978-92-5-131849-2.
 - 37.Gu X., Liu Y., Li N., Liu Y., Zhao D., Wei B., Wen X. Effects of the Foliar Application of Potassium Fertilizer on the Grain Protein and Dough Quality of Wheat. *Agronomy*. 2021. 11. 1749.
 - 38.Hasanuzzaman. M., Bhuyan M.H.M.B., Nahar K., Hossain M.S., Mahmud J.A., Hossen M.S., Masud A.A.C., Moumita, Fujita M. Potassium: A Vital Regulator of Plant Responses and Tolerance to Abiotic Stresses. *Agronomy*. 2018. 8. 31.
 - 39.Hawkesford M.J. Reducing the reliance on nitrogen fertilizer for wheat production. *Journal of Cereal Science*. 2014. 59. 276–283.
 - 40.Hinsinger P. Bioavailability of soil inorganic P in the rhizosphere as affected by root-induced chemical changes: a review. *Plant and Soil*. 2001. 237. 173–195.
 - 41.Holka M., Bieńkowski J. Assessment of Environmental Burdens of Winter Wheat Production in Different Agrotechnical Systems. *Agronomy*. 2020. 10. 1303.
 - 42.Jiang X., Li J., An Z., Liang J., Tian X., Chen Y., Sun Y. Optimal Fertilization Strategies for Winter Wheat Based on Yield Increase and Nitrogen Reduction on the North China Plain. *Sustainability*. 2023. 15(5). 4199.
 - 43.Khan A., Lu G., Ayaz M., Zhang H., Wang R., Lv F., Yang X., Sun B., Zhang S. Phosphorus efficiency, soil phosphorus dynamics and critical phosphorus

- level under long-term fertilization for single and double cropping systems. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 2018. 256. 1–11.
44. Li R., Gao Y., Chen Q., Li Z., Gao F., Meng Q., Li T., Liu A., Wang Q., Wu L., Wang Y., Liu Z., Zhang M. Blended controlled-release nitrogen fertilizer with straw returning improved soil nitrogen availability, soil microbial community, and root morphology of wheat. *Soil and Tillage Research*. 2021. 212. 105045.
 45. Lisowska A., Tabak M., Filipek-Mazur B., Gorczyca O. Effect of sulfur-containing fertilizers on the quantity and quality of spring oilseed rape and winter wheat yield. *Journal of Elementology*. 2019. 24, 1383–1394.
 46. Lu C., Tian H. Global nitrogen and phosphorus fertilizer use for agriculture production in the past half century: Shifted hot spots and nutrient imbalance. *Earth System Science Data*. 2017. 9, 181–192.
 47. Lu D., Yue S., Lu F., Cui Z., Liu Z., Zou C., Chen X. Integrated crop-N system management to establish high wheat yield population. *Field Crops Research*. 2016. 191. 66–74.
 48. Lykhochvor V., Hnativ P., Petrichenko V., Ivaniuk V., Szulc W., Rutkowska B., Vaha N., Olifir Y. Threat of degradation of agricultural land in Ukraine through a negative balance of nutritional elements in growing of field cultures. *Journal of Elementology* 2022. 27(3). 695–707.
 49. Masood S., Bano A. Mechanism of potassium solubilization in the agricultural soils by the help of soil microorganisms. In *Potassium Solubilizing Microorganisms for Sustainable Agriculture*; Meena V., Maurya B., Verma J., Meena R., Eds.; Springer: New Delhi, India, 2016. pp. 137–147.
 50. Mueller B., Hauser M., Iles C., Rimi R.H., Zwiers F.W., Wan H. Lengthening of the growing season in wheat and maize producing regions. *Weather and Climate Extremes*. 2015. 9. 47–56.
 51. Nesme T., Colomb B., Hinsinger P., Watson C. A. Soil phosphorus management in organic cropping systems: from current practices to avenues for a more efficient use of P resources. *Organic farming, prototype for*

- sustainable agricultures. Springer Netherlands, Dordrecht. 2014. 23-45
52. Nuttall J.G., O'Leary G., Panozzo J.F., Walker C., Barlow K., Fitzgerald G. Models of grain quality in wheat - A review. *Field Crops Research*. 2017. 202. 136–145.
 53. Qiang B., Yan Z., Zhang X., Cheng M., Wu Y., Tang N., Timbang B.C, Cai T., Liu E., Zhao X., Ren X., Chen X. Elevating crop productivity and sustainability: The role of organic fertilizers in shaping wheat's nitrogen economy and photosynthetic response. *European Journal of Agronomy*. 2025. 170. 127757.
 54. Ravier C., Meynard J. M., Cohan J. P., Gate P., Jeuffroy M. H. Early nitrogen deficiencies favor high yield, grain protein content and N use efficiency in wheat. *European Journal of Agronomy*. 2017. 89. 16–24.
 55. Ren Z., Zhang H., Li H., Wu Q., Huang Y., Ye Y., Zhao Y. Improving Wheat Yield, Fertilizer Use Efficiency, and Economic Benefits Through Farmer-Participation Nutrient Management. *Sustainability*. 2025. 17(8). 3481.
 56. Sardans J., Peñuelas J. Potassium: A neglected nutrient in global change. *Global Ecology and Biogeography*. 2015. 24. 261–275.
 57. Shabnam R., Iqbal M.T. Phosphorus use efficiency by wheat plants that grown in an acidic soil. *Brazilian Journal of Science and Technology*. 2016. 3. 18
 58. Shewry P.R., Hey S.J. The contribution of wheat to human diet and health. *Food and Energy Security*. 2015. 4. 178–202.
 59. Tabak M., Filipek-Mazur B. Influence of sulfur and iron fertilization on nutrient utilization by plants. *Infrastrukt. Ekol. Teren. Wieg.* 2019. II/1. 53–65.
 60. Tabak M., Lepiarczyk A., Filipek-Mazur B., Lisowska A. Efficiency of Nitrogen Fertilization of Winter Wheat Depending on Sulfur Fertilization. *Agronomy*. 2020. 10. 1304.
 61. Talboys P. J., Healey J.R., Withers P.J.A., Jones D.L. Phosphate depletion modulates auxin transport in *Triticum aestivum* leading to altered root branching. *Journal of Experimental Botany*. 2014. 65(17). 5023–5032.
 62. Tuomisto H., Hodge I., Riordan P., Macdonald D. Comparing global warming

- potential, energy use and land use of organic, conventional and integrated winter wheat production. *Annals of Applied Biology*. 2012. 161. 116–126.
63. Wang C., Cui H., Jin M., Wang J., Li C., Luo Y., Li Y. Effect of Combined Urea and Calcium Nitrate Application on Wheat Tiller Development, Nitrogen Use Efficiency, and Grain Yield. *Plants*. 2025. 14. 277.
64. Yang W., Gong T., Wang J., Li G., Liu Y., Zhen J., Ning M., Yue D., Du Z., Chen G. Effects of Compound Microbial Fertilizer on Soil Characteristics and Yield of Wheat (*Triticum aestivum* L.). *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*. 2020. 20. 2740–2748.
65. Yang X., Lu Y., Ding Y., Yin X., Raza S., Tong Y.A. Optimising nitrogen fertilisation: A key to improving nitrogen-use efficiency and minimising nitrate leaching losses in an intensive wheat/maize rotation (2008–2014). *Field Crops Research*. 2017. 206. 1–10.
66. Zhang H., Wang L., Fu W., Xu C., Zhang H., Xu X., Ma H., Wang J., Zhang Y. Soil Acidification Can Be Improved under Different Long-Term Fertilization Regimes in a Sweetpotato–Wheat Rotation System. *Plants*. 2024. 13. 1740.
67. Zhang W., Liu D., Liu Y., Chen X., Zou C. Overuse of phosphorus fertilizer reduces the grain and flour protein contents and zinc bioavailability of winter wheat (*Triticum aestivum* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2017. 65. 1473–1482.
68. Zhao H., Si L. Effects of topdressing with nitrogen fertilizer on wheat yield, and nitrogen uptake and utilization efficiency on the Loess Plateau. *Acta Agriculturae Scandinavica*. 2015. 65. 681–687.
69. Zheng, W., Liu Z., Zhang M., Shi Y., Zhu Q., Sun Y., Zhou H., Li C., Yang Y., Geng J. Improving crop yields, nitrogen use efficiencies, and profits by using mixtures of coated controlled-released and uncoated urea in a wheat-maize system. *Field Crops Research*. 2017. 205. 106–115.
70. Zörb C., Senbayram M., Peiter E. Potassium in agriculture – Status and perspectives. *Journal of Plant Physiology*. 2014. 171. 9. 656–669.

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А

**Технологічна схема вирощування пшениці озимої.
Попередник ріпак озимий**

№ п/п	Перелік виду робіт	Час проведення	Назва ТМЦ	Норма внесен ня ТМЦ л,кг/га	Склад агрегату	
					транспорт	с.-г. агрегат
1	2	3	4	5	6	7
1	Дискування	Після збору попередника		6-8 см	John Deere 8220	CARTROS + 6001-2
2	Розкидання мінеральних фосфорно- калійних добрив	Перед основним обробітком	Супер- фосфат, калійна сіль	P ₉₀ K ₉₀	MT3-82	Rauch Axis
3	Оранка			20-22 см	John Deere 9400	HORSCH TIGER 8 LT
4	Передпосівний обробіток			4-6 см	John Deere 8220	CARTROS 6001-2
5	Протруєння насіння		Кінто Дуо	2,5 л/т		
6	Сівба	Остання декада вересня	Артіст	180 кг	John Deere 8335R	Pronto 6AS
7	Обприскува ння (200 л/га)	ВВСН 15-21	Ланцелот + Паллас	0,033 кг/га + 0,15 л/га		Apache AS1220
8	Розкидання мінеральних азотних добрив	ВВСН 25	Аміачна селітра	N ₃₀	John Deere 8330	Amazone ZA- M3000Ultra
9	Обприскува ння (200 л/га)	ВВСН 31-32	Гроділ Максі	0,10 л/га		Apache AS1220
			Капало	1,5 л/га		Apache AS1220
			Адексар СЕ Плюс	1,0 л/га		Apache AS1220
			Карате	0,2 л/га		Apache AS1220
10	Розкидання мінеральних азотних добрив	ВВСН 39-42	Аміачна селітра	N ₃₀	John Deere 8330	Amazone ZA- M3000Ultra
11	Збирання врожаю зерна прямим комбайну- вання	Повна стиглість				Claas Lexion 8900

ДОДАТОК Б

Статистичний аналіз даних
врожайності зерна пшениці озимої, 2024 р.

Варіанти	1	2	3	К-ть спост.	Суми	Середні
1	3,68	3,74	3,87	3	11,29	3,763333
2	5,63	5,54	5,76	3	16,93	5,643333
3	6,2	6,33	6,15	3	18,68	6,226667
4	7,21	7,35	7,26	3	21,82	7,273333
5	7,31	7,39	7,45	3	22,15	7,383333
Загальна сума				15	90,87	6,06
Дисперсія	Сума квадратів	Ступені свободи	Середній квадрат	Fф	F05	
Загальна	26,18	14	-	-	-	
Варіантів	26,1	4	6,52	810,17	3,71	
Залишок (помилки)	0,08	10	0,01	-	-	
Критерій суттєвості				810,17		
Критерій F на 5%-му рівні значимості				3,71		
Помилка досліду				0,05		
Помилка різниці середніх				0,07		
Відносна помилка різниці середніх (%)				1,21		
Коефіцієнт варіації				1,48		
НІР абсолютне				0,16		
НІР відносне (%)				2,69		

ДОДАТОК В

Статистичний аналіз даних
врожайності зерна пшениці озимої, 2025 р.

Варіанти	1	2	3	К-ть спост.	Суми	Середні
1	3,83	3,99	3,9	3	11,72	3,906667
2	5,88	5,97	6,05	3	17,9	5,966667
3	6,84	6,88	6,97	3	20,69	6,896667
4	7,75	7,73	7,85	3	23,33	7,776667
5	7,84	7,92	7,96	3	23,72	7,906667
Загальна сума				15	97,36	6,49
Дисперсія	Сума квадратів	Ступені свободи	Середній квадрат	Fф	F05	
Загальна	32,38	14	-	-	-	
Варіантів	32,33	4	8,08	1556,13	3,71	
Залишок (помилки)	0,05	10	0,01	-	-	
Критерій суттєвості				1556,13		
Критерій F на 5%-му рівні значимості				3,71		
Помилка досліду				0,04		
Помилка різниці середніх				0,06		
Відносна помилка різниці середніх (%)				0,91		
Коефіцієнт варіації				1,11		
НІР абсолютне				0,13		
НІР відносне (%)				2,02		